KOMDIGI

Buku Putih

Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional

Gugus Tugas Penyusunan Peta Jalan
Kecerdasan Artifisial Indonesia



Tim Penyusun

Pengarah

Menteri Komunikasi dan Digital	:	**Meutya Hafid**
Wakil Menteri Komunikasi dan Digital 1	:	**Angga Raka Prabowo, S.IP**
Wakil Menteri Komunikasi dan Digital 2	:	**Nezar Patria S.Fil., M.A., M.B.A**
Sekretaris Jenderal Kementerian Komunikasi dan Digital	:	**Dr. Ir. Ismail, S.T., M.T**
Direktur Jenderal Ekosistem Digital	:	**Dr. Edwin Hidayat Abdullah**
Direktur Jenderal Teknologi Pemerintah Digital	:	**Mira Tayyiba, S.T., M.S.E.E**
Direktur Jenderal Infrastruktur Digital	:	**Wayan Toni Supriyanto S.T., M.M.**
Direktur Jenderal Pengawasan Ruang Digital	:	**Irjen Pol. Alexander Sabar, S.I.K., M.H.**
Kepala Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia	:	**Dr. Ir. Bonifasius Wahyu Pujianto, M.T.**

Gugus Tugas

Ketua	:	**Aju Widya Sari, S.T., M.T.** (Kemkomdigi)
Wakil Ketua 1	:	**Prof. Dr. Ir. Hammam Riza, M.Sc., IPU** (BRIN)
Wakil Ketua 2	:	**Prof. Dr. Bambang Riyanto Trilaksono** (ITB)
Wakil Ketua 3	:	**Prof. Dr. Ir. Imam Robandi, M.T., IPU** (ITS)
Wakil Ketua 4	:	**Aryo Pamoragung, S.T., M.T. (**Kemkomdigi)
Wakil Ketua 5	:	**Dr.Ir. Denny Setiawan, S.T., M.T.** (Kemkomdigi)
Wakil Ketua 6	:	**Aries Kusdaryono, S.Kom., M.Kom., Ph.D** (Kemkomdigi)
Wakil Ketua 7	:	**Muchtarul Huda, S.H.**(Kemkomdigi)
Wakil Ketua 8	:	**Oki Suryowahono, S.T., M.T.**(Kemkomdigi)
Wakil Ketua 9	:	**Radita Ajie, S.H., M.H.**(Kemkomdigi)

Pokja Etika

- Ketua : **Henke Yunkins, B.S.E.E.** (IAIS)
- Sekretaris : **Indriyatno Banyumurti** (ICT Watch)
- Ketua Sub Pokja
    1. Lentera : **Adya Danaditya** (Universitas Bunda Mulia)
    2. Arah : **Angga Airlangga, MPP** (IBM)
    3. Perisai : **Debby Kristin, S.H., LL. M.** (EngageMedia)

Pokja Kebijakan

- Ketua : **Irma Handayani, S.T., M.T.** (Kemkomdigi)
- Sekretaris : **Nur Anis Hadiyati** (BRIN)

- Ketua Sub Pokja
  1. Evaluasi Kebijakan/Regulasi : **Marsekal Pertama TNI Asst. Prof. Dr. Ir. Arwin Datumaya Wahyudi Sumari, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng., ACPE, APEC Eng., FSI, FSME, VDBM, SA, S.R. Eng., GCMC** (TNI-AU / IAIS)
  2. Tata Kelola : **Prof. Suhono Harso Supangkat** (Asosiasi Prakarsa Indonesia Cerdas)
  3. Manajemen Risiko : **Prof. Dr. Andry Alamsyah S.Si., M.Sc.** (Universitas Telkom)
  4. *Sandbox* : **Agung Pamungkas** (Google Indonesia)

Pokja Infrastruktur dan Data

- Ketua : **M. Ridwan Rauf** (Kemkomdigi)
- Sekretaris : **Lina Wardiya** (Kemkomdigi)
- Ketua Sub Pokja
  1. Infrastruktur : **Andi Wijaya** (Asosiasi Industri Teknologi Informasi)
  2. Data : **Prof. Dr. Ir. Esther Irawati Setiawan, S.Kom, M.Kom** (Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya)

Pokja Riset dan Inovasi Industri

- Ketua : **Haryu Kresno Widhiputranto** (Kemkomdigi)
- Sekretaris : **dr. Azhar Rafiq** (Nexmedis)
- Ketua Sub Pokja
  1. Prioritas Riset dan Inovasi Industri : **Dr. Muhammad Rizky Pribadi** (Universitas Multi Data Palembang)
  2. Akses Data dan Infrastruktur Riset dan Inovasi Industri : **Dicky Bagus Widhyatmoko, dr** (IAIS)
  3. *Link and Match* Talenta dan Proyek Riset dan Inovasi Industri : **Yarabisa Yanuar** (CV Acta Techno Inava)

Pokja Pengembangan Talenta

- Ketua : **Dr. Eng. Hary Budiarto M.Kom, IPM** (Kemkomdigi)
- Sekretaris : **Andreas Tjendra** (Kemenpar)
- Ketua Sub Pokja
  1. Pengembangan Talenta Pendidikan Formal : **Dr. Ayu Purwarianti, S.T., M.T.** (ITB)
  2. Pelatihan dan Pemberdayaan Talenta : **Ir. Hendy Risdianto Wijaya, S.T.,M.T.,Ph.D.** (Universitas Bina Nusantara)
  3. Peningkatan Profesi ASN dan Industri : **Dr. Ir. Indrajani, S.Kom.,M.M.** (Universitas Bina Nusantara)

Pokja Investasi/Pembiayaan

- Ketua : **Oskar Riandi, B.Eng., M.Sc.** (KORIKA)
- Sekretaris : **Sukirman** (Kemkomdigi)
- Ketua Sub Pokja
  1. **Titah Yudhistira** (ITB)
  2. **Fannany Priambodo Mukti** (Kemenkeu)
  3. **Arief Kusuma, BBA, MIT** (KORIKA)
  4. **Matheace Ramaputra** (IAIS / CIPS)
  5. **Eryk Budi Pratama** (KADIN Indonesia)
  6. **Daniar Supriyadi, SH, LLM, AIGP, CIPP/E, CIPM** (Assegaf Hamzah & Partners)
  7. **Prasetya Dwicahya** (AMANA Solutions)

Pokja Use Case

- Ketua : **Dr. Adhiguna Mahendra, M.Sc.** (Otorita Ibukota Nusantara)
- Sekretaris : **Dr. Dipl.Ing Asril, M.Sc** (BRIN)
- Ketua Sub Pokja
  1. Prioritisasi Sektor dan *Use Case* : **Diah Utami** (Kemkomdigi)
  2. Strategi : **Alva Erwin** (IAIS)
  3. *Online Catalog* : **Ir. Ikhlas MA Bahar, M.Kom** (IAIS)

Tim Perumus

Ketua : **Thomhert Suprapto Siadari, ST., M.Eng., Ph.D** (Universitas Telkom)

Anggota :

1. **Irma Handayani, S.T., M.T.** (Kemkomdigi)
2. **Henke Yunkins, B.S.E.E** (IAIS)
3. **Dr. Eng. Hary Budiarto M.Kom IPM** (Kemkomdigi)
4. **Haryu Kresno Widiputranto** (Kemkomdigi)
5. **Oskar Riandi, B.Eng., M.Sc.** (KORIKA/ Bahasa Kita)
6. **Muh Ridwan Rauf, S.T., MH.** (Kemkomdigi)
7. **Dr. Adhiguna Mahendra, M.Sc.** (Otorita Ibukota Nusantara)
8. **Marsekal Pertama TNI Asst. Prof. Dr. Ir. Arwin Datumaya Wahyudi Sumari, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng., ACPE, APEC Eng., FSI, FSME, VDBM, SA, S.R. Eng.** (TNI-AU / IAIS)
9. **Prof. Dr. Ir. Eko K. Budiardjo, M.Sc** (UI)
10. **Prof. Dr. Andry Alamsyah S.Si., M.Sc.** (Universitas Telkom)
11. **Prof. Dr. Suhono Harso Supangkat, M.Eng.** (ITB)
12. **Indriaswati Dyah Saptaningrum, S.H., L.LM. P.hD** (Unika Atma Jaya)
13. **Nadhila Renaldi, S.IP, MPP** (Meta)
14. **Puri Kencana Putri, S.Sos., M.A., M.A.** (IBM)
15. **Wahyudi Djafar** (Catalyst Policy Works)
16. **Nur Anis Hadiyati** (BRIN)
17. **Lazarus Andja Karunia, SIP** (Kemkomdigi)
18. **Dr. Dipl. Ing. Asril Jarin** (BRIN)
19. **Matheace Ramaputra** (IAIS)
20. **Andi Wijaya** (Asosiasi Industri Teknologi Informasi)
21. **Dr. Elly Matul Imah, M. Kom.** (IAIS / Universitas Negeri Surabaya)
22. **Fatkhi Arif Pratama, S.Tr.TP** (BSSN)
23. **Dr. Ir. Indrajani, S.Kom.,M.M.** (IAIS / Universitas Bina Nusantara)
24. **dr. Azhar Rafiq** (Nexmedis)
25. **Yarabisa Yanuar** (CV Acta Techno Inava)
26. **Lina Wardiya** (Kemkomdigi)
27. **Mega Shatila** (Kemkomdigi)
28. **Dicky Bagus Widhyatmoko** (IAIS)
29. **Alva Erwin** (IAIS)
30. **Ikhlas Bahar** (IAIS)
31. **Ir. Hendy Risdianto Wijaya. S.T.,M.T.,Ph.D.** (IAIS / Universitas Bina Nusantara)
32. **Dr. apt. Oeke Yunita, S.Si., M.Si.** (IAIS / Universitas Surabaya)
33. **Indriyatno Banyumurti** (ICT Watch)
34. **dr. Iqbal Fahmi, M.Sc.** (Equatorise Advisory)
35. **Agung Pamungkas** (Google Indonesia)
36. **Anis Fuad** (FK-KMK UGM)
37. **Andika Prayoga** (Kementerian Kesehatan)
38. **Donny Utoyo, S.T., M.Si.** (ICT Watch)
39. **Prakoso Bhairawa Putera** (BRIN)
40. **Clarina Andreny** (Grab Indonesia)
41. **Unggul Sagena** (SAFEnet)

42. **Adya Danaditya** (Universitas Bunda Mulia)
43. **Debby Kristin, S.H., LL. M.** (EngageMedia)
44. **Angga Airlangga** (IBM)
45. **Prof. Dr. Ir. Esther Irawati Setiawan, S.Kom, M.Kom** (Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya)
46. **Prof. Dr. Diana Purwitasari, S.Kom., M.Sc.** (IAIS/ITS)
47. **Andreas Tjendra** (KORIKA)
48. **Sukirman** (Kemkomdigi)
49. **Anggrahito** (BSSN)
50. **Dr. Muhammad Rizky Pribadi, M.Kom** (Universitas Multi Data Palembang)
51. **Dr. Eng. Ayu Purwarianti, S.T, M.T.** (ITB)
52. **Panji Wasmana** (Microsoft)
53. **Hilmy Hanif** (Amana Solutions)
54. **Dessy Sukendar** (Meta)
55. **Ir. Sandy Kusuma** (APTIKNAS)
56. **Grace Heny M, SE** (Asosiasi Pemimpin Digital Indonesia)
57. **Putra Pandu Adikara, S.Kom., M.Kom.** (Universitas Brawijaya)
58. **Diah Utami** (Kemkomdigi)
59. **dr. Ahmad Hidayat, MSc, MBA** (FORKOMTIKNAS)
60. **Mahmud Isnan, S.Kom., M.Eng** (Universitas Bina Nusantara)
61. **Prof. Dr. Anto Satriyo Nugroho, B.Eng., M.Eng.** (BRIN)
62. **Harisudewo Budiyuwono** (Kagama AI)
63. **Sindhu Wardhana** (Kementerian Keuangan)
64. **Lystio Ratna Hutabarat** (Kemkomdigi)
65. **Ekki Rinaldi, B.Cs., M.Cs** (CentaurOps)
66. **Titah Yudhistira** (ITB)
67. **Fannany Priambodo Mukti** (Kemenkeu)
68. **Arief Kusuma, BBA, MIT** (KORIKA)
69. **Eryk Budi Pratama, S.Kom, M.Kom, M.M**. (KADIN Indonesia)
70. **Daniar Supriyadi, SH, LLM, AIGP, CIPP/E, CIPM** (Assegaf Hamzah & Partners)
71. **Prasetya Dwicahya** (AMANA Solutions)
72. **Sudiono S.Kom, M.M.** (Kemkomdigi)
73. **Fatmawat**i (Kemkomdigi)
74. **Nur Suciana Eka Desiani** (Kemkomdigi)
75. **Averio Nadhirianto** (Kemkomdigi)
76. **Rahmat Ridho** (Kemkomdigi)
77. **Fachrian Nugraha Arma, S.T**. (Kemkomdigi)
78. **Savitri Amalia** (Kemkomdigi)
79. **Hendry Syahputra** (Kemkomdigi)

Daftar Isi

Tim Penyusun i
Tim Perumus iv
Daftar Isi vi
Daftar Tabel viii
Daftar Gambar ix
Sambutan x
Kata Pengantar xi
Ringkasan Eksekutif xii
BAB 1 Pendahuluan 01
1.1 Latar Belakang dan Urgensi Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional 02
1.2 Visi, Misi, dan Peran KA dalam Pembangunan Nasional 06
1.3 Partisipasi dan Proses Penulisan Peta Jalan KA Nasional 09
BAB 2 Kerangka Konseptual Kecerdasan Artifisial 11
2.1 Definisi Kecerdasan Artifisial 12
2.2 Siklus Hidup Kecerdasan Artifisial 15
2.3 Prinsip-Prinsip Tata Kelola Kecerdasan Artifisial 16
2.4 Risiko Kecerdasan Artifisial 18
2.4.1 Risiko Mikro 19
2.4.2 Risiko Makro 21
BAB 3 Analisis Masalah 25
3.1 Kondisi Saat Ini 26
3.1.1 Etika 26
3.1.2 Kebijakan 29
3.1.3 Infrastruktur dan Data 34
3.1.4 Riset dan Inovasi Industri 40
3.1.5 Pengembangan Talenta 43
3.1.6 Investasi/Pembiayaan 46
3.1.7 *Use Case* 48
3.2 *Benchmark* Internasional 50
3.3 Kondisi yang Diharapkan 58
3.3.1 Etika 58
3.3.2 Kebijakan 59

3.3.3 Infrastruktur dan Data 60
3.3.4 Riset dan Inovasi Industri 64
3.3.5 Pengembangan Talenta 65
3.3.6 Investasi/Pembiayaan 66
3.3.7 *Use Case* 67
3.4 Analisis SWOT dan TOWS 68
3.4.1 Analisis SWOT 68
3.4.2 Analisis TOWS 75
BAB 4 Bidang Prioritas Nasional 82
4.1 Ketahanan Pangan 85
4.2 Kesehatan 87
4.3 Pendidikan 89
4.4 Ekonomi dan Keuangan 91
4.5 Reformasi Birokrasi 93
4.6 Politik, Hukum, dan Keamanan 95
4.7 Energi, Sumber Daya, dan Lingkungan 97
4.8 Perumahan 99
4.9 Transportasi, Logistik, dan Infrastruktur 101
4.10 Seni, Budaya, dan Ekonomi Kreatif 103
BAB 5 Arah Kebijakan dan Strategi 105
5.1 Empat Fokus Utama Arah Kebijakan 107
5.2 Rumusan Strategi berdasarkan Arah Kebijakan 110
BAB 6 Rekomendasi Strategi Peta Jalan dan Identifikasi *Quick Win* 113
6.1 Strategi, Program, dan Kegiatan 115
6.2 Program *Quick Win*
Daftar Istilah dan Singkatan 156
Daftar Pustaka 162
Daftar Anggota Pokja 176

Daftar Tabel

Tabel 1.1 Peran Kelompok Kerja pada Gugus Tugas Peta Jalan KA Nasional 10
Tabel 2.1 *Benchmark* Definisi KA 13
Tabel 2.2 Aktor KA dan Kewajibannya dalam Tata Kelola KA 14
Tabel 2.3. Prinsip-Prinsip Tata Kelola KA di Indonesia 17
Tabel 3.2 *Use Case* dari berbagai K/L 49
Tabel 3.3 *Benchmark* Internasional untuk Aspek Kebijakan dan Etika 51
Tabel 3.4 *Benchmark* Internasional untuk Aspek Infrastruktur dan Data 52
Tabel 3.5 *Benchmark* Internasional untuk Aspek Riset dan Inovasi Industri 53
Tabel 3.6 *Benchmark* Internasional untuk Pengembangan Talenta 54
Tabel 3.7 *Benchmark* Internasional untuk Investasi/Pembiayaan 55
Tabel 3.8 *Benchmark* Internasional untuk *Use Case* bidang Ketahanan Pangan, Kesehatan, dan Pendidikan 56
Tabel 3.9 *Benchmark* Internasional untuk *Use Case* bidang Politik, Keamanan, Ekonomi dan Reformasi Birokrasi 57
Tabel 3.10 Analisis SWOT Etika 68
Tabel 3.11 Analisis SWOT Kebijakan 69
Tabel 3.12 Analisis SWOT Infrastruktur dan Data 70
Tabel 3.13 Analisis SWOT Riset dan Inovasi Industri 71
Tabel 3.14 Analisis SWOT Pengembangan Talenta 72
Tabel 3.15 Analisis SWOT Investasi/Pembiayaan 73
Tabel 3.16 Analisis SWOT *Use Case* 74
Tabel 3.17 Analisis TOWS Etika 75
Tabel 3.18 Analisis TOWS Kebijakan 76
Tabel 3.19 Analisis TOWS Infrastruktur dan Data 77
Tabel 3.20 Analisis TOWS Riset dan Inovasi Industri 78
Tabel 3.21 Analisis TOWS Pengembangan Talenta 79
Tabel 3.22 Analisis TOWS Investasi/ Pembiayaan 80
Tabel 3.23 Analisis TOWS *Use Case* 81

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Visi Indonesia Digital 2045 03
Gambar 1.2 Kerangka Ekosistem KA Nasional 07
Gambar 1.3 Kerangka Kerja Peta Jalan KA Nasional 09
Gambar 2.1 Model Siklus hidup KA dan Bias Umum di setiap Fase 15
Gambar 2.2 Siklus Hidup Pengembangan KA 15
Gambar 3.1 Peta Sebaran BTS 4G dan USO 35
Gambar 3.2 Data Lokasi *User Terminal* (UT) Akses Internet Terintegrasi Layanan SATRIA-1 35
Gambar 3.3 Jumlah Pusat Data di Indonesia 36
Gambar 3.4 Kapasitas Pusat Data Indonesia dalam Watt per Kapita (IDPRO, 2025) 37
Gambar 3.5 Peta Potensi *demand* listrik tahun 2034 38
Gambar 3.6 Peta Sebaran Asesor Kompetensi dan LSP di Indonesia 45
Gambar 3.7 Kriteria dan Prediksi Kebutuhan *Green Enabling Super Grid* 62
Gambar 3.8 Komponen *Building Blocks* untuk Ekosistem Infrastruktur KA nasional 63
Gambar 5.1 Kerangka Arah Kebijakan 107

Sambutan

Kita hidup di era yang ditandai oleh percepatan inovasi dan perkembangan teknologi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Di antara berbagai terobosan, **Kecerdasan Artifisial (KA) telah muncul sebagai kekuatan transformatif yang mampu merevolusi berbagai sektor**, mulai dari ekonomi, sosial, hingga pertahanan. Laporan Kearney tahun 2023 memproyeksikan **bahwa adopsi KA dapat berkontribusi terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia sebesar 366 miliar dolar AS pada tahun 2030 bagi perekonomian nasional**. Bagi Indonesia, potensi ini sangat signifikan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan

Namun, potensi besar ini juga diiringi dengan tantangan yang tidak kalah kompleks. Kesiapan etika dan kebijakan merupakan salah satu kunci utama untuk memastikan bahwa pengembangan dan pemanfaatan KA dilakukan secara bertanggung jawab, transparan, dan menjunjung tinggi nilai-nilai kemanusiaan serta keadilan.

Kondisi saat ini menunjukkan bahwa Indonesia masih memerlukan upaya peningkatan adopsi KA dengan memberikan nilai tambah pada peningkatan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai sektor. Infrastruktur digital yang mumpuni, termasuk akses internet yang merata dan pusat data yang andal, menjadi prasyarat fundamental bagi implementasi KA secara luas. Aspek pengembangan talenta dan riset dan inovasi industri juga menjadi krusial bagi Indonesia untuk dapat bersaing dan memaksimalkan manfaat KA demi kemajuan bangsa. Dan tentunya semua aspek ini perlu didorong melalui investasi/pembiayaan signifikan agar dapat mengakselerasi pencapaian semua aspek.

Dalam konteks tersebut, penyusunan **Buku Putih Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional** menjadi sangat mendesak dan strategis **sebagai pijakan untuk merumuskan strategi kebijakan pengembangan dan pemanfaatan KA** di Indonesia. Kehadiran Buku Putih ini merupakan langkah nyata untuk mengarahkan pembangunan nasional menuju ekonomi berbasis inovasi dan pengetahuan, serta menempatkan Indonesia sebagai pelaku aktif, bukan sekadar konsumen, dalam ekosistem digital global.

Kami memberikan apresiasi atas penyusunan Buku Putih ini yang merupakan hasil kerja dari **Gugus Tugas Peta Jalan Kecerdasan Artifisial** Indonesia yang dibentuk oleh Kementerian Komunikasi dan Digital. Gugus tugas ini beranggotakan 443 orang yang terdiri dari perwakilan Kementerian/Lembaga, para ahli dari berbagai bidang seperti teknologi informasi, keuangan, hukum, kebijakan publik, serta pendidikan baik dari akademisi, industri, masyarakat/asosiasi, dan media melalui **proses kolaborasi yang intensif dan inklusif dalam merumuskan arah strategis pengembangan kecerdasan artifisial di Indonesia.**

Kami berharap Buku Putih ini tidak hanya menjadi dokumen formal, tetapi juga menjadi **katalisator bagi diskusi yang konstruktif dan kolaborasi yang erat antar seluruh pemangku kepentingan. Mari kita bersama mewujudkan Kecerdasan Artifisial yang etis dan bertanggung jawab untuk memperkuat daya saing global menuju Indonesia Emas 2045**.

Jakarta, 31 Juli 2025

Menteri Komunikasi dan Digital



Meutya Hafid



Menteri Komunikasi dan Digital

Meutya Hafid

Kata Pengantar

Dengan penuh rasa syukur, kami menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan **Buku Putih Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional**, termasuk seluruh anggota Gugus Tugas Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Indonesia, para ahli, akademisi, praktisi industri, Kementerian/Lembaga, serta masyarakat/asosiasi yang telah berkontribusi aktif dalam setiap tahapan, mulai dari diskusi terpumpun, lokakarya lintas sektor, hingga penyelesaian Buku Putih ini. Semangat sinergi ini akan terus menjadi landasan utama dalam implementasi berbagai program.

Derap perkembangan teknologi digital, **khususnya Kecerdasan Artifisial (KA), tengah melaju kencang dan mengubah lanskap ekonomi, sosial, dan pemerintahan di seluruh dunia.** Negara-negara maju dan berkembang sama-sama berlomba memperkuat fondasi ekosistem digital mereka demi meraih posisi strategis dalam era ekonomi berbasis data dan inovasi.

Di tengah derasnya arus globalisasi teknologi ini, Indonesia tidak boleh hanya menjadi penonton. Kita harus mampu bertransformasi menjadi bangsa yang tidak hanya mengadopsi, tetapi juga **memperkuat ekosistem inovasi KA sebagai akselerator dalam mencapai visi dan misi nasional Indonesia Emas 2045**.

Oleh karena itu, kami berharap Buku Putih Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional ini hadir sebagai langkah konkret untuk memastikan Indonesia tidak tertinggal dalam revolusi digital dan mampu membangun ekosistem inovasi KA sebagai fondasi yang kokoh sehingga dapat berjalan secara berkelanjutan.



Direktur Jenderal Ekosistem Digital

Dr. Edwin Hidayat Abdullah

Kami berharap ***Buku Putih Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional*** **ini dapat menjadi pedoman strategis bagi seluruh pemangku kepentingan** (pemerintah, dunia usaha/industri, akademisi, masyarakat/asosiasi, dan media) **dalam membangun, mengelola, dan memanfaatkan ekosistem KA di Indonesia secara etis dan bertanggung jawab**.

Semoga dokumen ini dapat menjadi **titik tolak bagi terciptanya inovasi-inovasi unggul yang memperkuat pembangunan dan pencapaian tujuan bangsa dan negara dan mewujudkan transformasi digital yang berkeadilan bagi seluruh rakyat Indonesia.**

Jakarta, 31 Juli 2025

Direktur Jenderal Ekosistem Digital



Dr. Edwin Hidayat Abdullah

Ringkasan Eksekutif

Indonesia memiliki potensi untuk mengoptimalkan pemanfaatan Kecerdasan Artifisial (KA) sebagai salah satu bagian dari ekosistem digital dalam rangka mendorong pembangunan nasional untuk mencapai aspirasi Indonesia Emas 2045, sebagaimana tertuang dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045, Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029, serta Visi, Misi dan Program Presiden dan Wakil Presiden yang dituangkan melalui Asta Cita.

Indonesia juga telah memiliki Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial 2020–2045 (STRANAS KA 2020) sebagai inisiasi awal untuk merumuskan strategi pengembangan ekosistem KA. Dalam hal ini, inisiatif-inisiatif terkait pembentukan dan pengembangan ekosistem KA sebagai akselerator untuk mendukung keberhasilan pembangunan nasional dan merupakan salah satu faktor kunci dalam persaingan antar bangsa di segala bidang. Diharapkan dapat terbangun ekosistem inovasi kecerdasan artifisial sebagai fondasi yang kokoh sehingga dapat berjalan secara berkelanjutan melalui pemanfaatan KA secara optimal.

Sejalan dengan perkembangan global, pemanfaatan KA telah menjadi sorotan dengan aspirasi bahwa KA berpotensi besar mendorong produktivitas dan pertumbuhan ekonomi. Dalam pengamatan saat ini negara maju seperti Uni Eropa dan Amerika Serikat menunjukkan adanya komitmen investasi pada riset KA. Adapun negara berpendapatan menengah atas, termasuk Indonesia, juga makin gencar mengadopsi KA demi daya saing dan percepatan pembangunan ekonomi. Dengan demikian **KA merupakan menjadi salah satu penggerak penting dalam peningkatan kemampuan digital nasional yang maju dan mandiri guna mewujudkan masyarakat yang adil, makmur, dan sejahtera.**

Namun demikian, perkembangan KA juga membawa isu-isu kompleks yang mencakup dimensi etika, hukum, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dalam berbagai forum internasional membahas berbagai aspek penting dari KA termasuk dampaknya terhadap industri, perubahan kebutuhan tenaga kerja, etika, inovasi, serta pemanfaatannya di sektor keuangan dan kesehatan. Forum juga membahas tantangan dalam pengimplementasiannya yang mencakup isu regulasi, keamanan siber, dan potensinya terhadap dinamika geopolitik. Di sisi lain dengan perkembangan dan dinamika KA sejak lima tahun terakhir yang berkembang secara cepat, khususnya setelah kemunculan teknologi KA generatif, **diperlukan penyesuaian terhadap arah kebijakan dan strategi nasional sebagaimana tertuang dalam STRANAS KA 2020, untuk terus memajukan ekosistem digital nasional, melalui serangkaian upaya dan strategi termasuk mitigasi risiko atas potensial disrupsi dari KA.**

Saat ini Indonesia cukup baik dalam ranah daya saing digital dengan peningkatan peringkat ke-43 pada tahun 2024 yang sebelumnya berada pada peringkat ke-45 dari dari 63 negara pada tahun 2023 menurut IMD *World Digital Competitiveness* (WDC) *ranking*. Faktor pembentuk IMD WDC *Rangking* meliputi tiga pilar utama yaitu Pengetahuan, Teknologi, dan Kesiapan Masa Depan. Dalam hal ini Indonesia dalam kurun waktu tahun 2020 - 2024 terus mengalami peningkatan pada faktor Kesiapan Masa Depan, dengan capaian peringkat tertinggi yaitu menduduki peringkat ke-30 pada tahun 2024. Adapun dalam indeks kesiapan KA pemerintah (*Government AI Readiness Index* 2024), Indonesia berada di peringkat ke-38 dunia dan keempat di Asia Tenggara, dengan skor tertinggi pada aspek pemerintahan. Inisiatif seperti pedoman etika KA melalui SE Menkominfo Nomor 9 Tahun 2023 serta keikutsertaan dalam *AI Readiness Assessment* UNESCO menunjukkan komitmen pemerintah dalam membangun tata kelola KA yang etis dan bertanggung jawab. Dengan capaian tersebut, **Indonesia saat ini masih berada pada tahap awal adopsi KA, namun menunjukkan perkembangan signifikan di tengah cepatnya dinamika teknologi global.**

Memperhatikan potensi besar yang tersedia dan dihadapkan pada tantangan yang kompleks, Indonesia berada pada titik krusial dalam menentukan arah adopsi dan pemanfaatan KA ke depan. Upaya memperkuat ekosistem riset dan inovasi, membangun regulasi yang adaptif, serta memperluas kapasitas talenta lokal akan sangat menentukan level pemanfaatan KA di Indonesia, dari pengguna pasif menjadi aktor aktif dalam lanskap teknologi KA global. Merespons kebutuhan tersebut diperlukan panduan strategis yang dapat digunakan untuk adopsi dan pengembangan KA pada semua fokus area serta bidang prioritas untuk mewujudkan Program Prioritas Presiden dalam bentuk **Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional**.

Visi dan misi yang dirumuskan dalam Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional ini menjadi fondasi dalam merancang strategi pengembangan KA nasional, dengan menekankan prinsip keberlanjutan, inklusivitas, dan keberpihakan pada nilai-nilai humanistik. Untuk mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045 menjadi negara yang berdaulat, maju, adil, dan makmur, telah dirumuskan **2 (dua) sasaran utama Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional. Pertama, mendukung pertumbuhan ekonomi melalui pengembangan dan pemanfaatan Kecerdasan Artifisial dalam program prioritas Presiden dan program hasil terbaik cepat dalam Asta Cita. Kedua, meningkatkan daya saing pengembangan dan pemanfaatan Kecerdasan Artifisial Indonesia secara global.**

Sebagai upaya konkret mempercepat perkembangan KA yang inklusif dan berkelanjutan, Buku Putih Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional ini juga menyajikan **kerangka konseptual KA yang mencakup definisi, aktor, siklus hidup, prinsip tata kelola, serta potensi risiko KA**. Hal ini penting dilakukan untuk memberikan pemahaman keperluan pendekatan *human-centric*, dengan penekanan pada etika, transparansi, dan pelindungan hak asasi manusia dalam tata kelola KA. Disamping itu penjabaran tentang aktor dan siklus hidup KA juga memberikan panduan praktis dan strategis dalam merancang ekosistem yang bertanggung jawab dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional merumuskan rekomendasi strategi nasional berdasarkan evaluasi atas kondisi terkini, *benchmark* internasional, kondisi diharapkan, serta analisis faktor internal dan eksternal dari **7 (tujuh) aspek: kebijakan, etika, pengembangan talenta, infrastruktur dan data, riset dan inovasi industri, investasi/pembiayaan, serta pengembangan *use case***.

Bidang prioritas pembangunan ekosistem Kecerdasan Artifisial dalam Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional dirumuskan dengan memuat bidang spesifik yang akan diarahkan secara strategis dalam pengembangan dan pemanfaatan *use case* KA agar berdampak maksimal, tepat guna dan berkelanjutan. Penentuan Bidang Prioritas Nasional mengacu pada RPJPN 2025–2045, RPJMN 2025–2029, dan Asta Cita agar inisiatif KA selaras dengan arah pembangunan nasional dan prioritas transformasi digital. **Bidang-bidang prioritas *use case* KA** meliputi **Ketahanan Pangan, Kesehatan, Pendidikan, Ekonomi dan Keuangan, Reformasi Birokrasi, Politik, Hukum dan Keamanan, Energi, Sumber Daya dan Lingkungan, Perumahan, Transportasi, Logistik dan Infrastruktur serta Seni Budaya dan Ekonomi Kreatif**. Penetapan sektor-sektor ini menunjukkan bahwa KA harus menjawab kebutuhan nyata masyarakat dan mendukung agenda pembangunan nasional yang inklusif. Sebagai percepatan dari pencapaian pembangunan pada bidang prioritas, dirumuskan **8 program *Quick Win Use Case*** yang menjadi fokus pengembangan dan pemanfaatan KA yang mendukung percepatan pengembangan inovasi *use case* KA di bidang prioritas dalam 5 (lima) tahun kedepan, diantaranya **KA untuk Makan Bergizi Gratis (MBG), KA untuk Swasembada Pangan, KA untuk Skrining TBC, KA untuk Cek Kesehatan Gratis, KA untuk Pemetaan Wilayah Rawan *Stunting*, KA untuk Koperasi Merah Putih, KA untuk mendukung Pembelajaran Adaptif pada Sekolah Rakyat, dan KA untuk Deteksi Hoaks dan Disinformasi**.

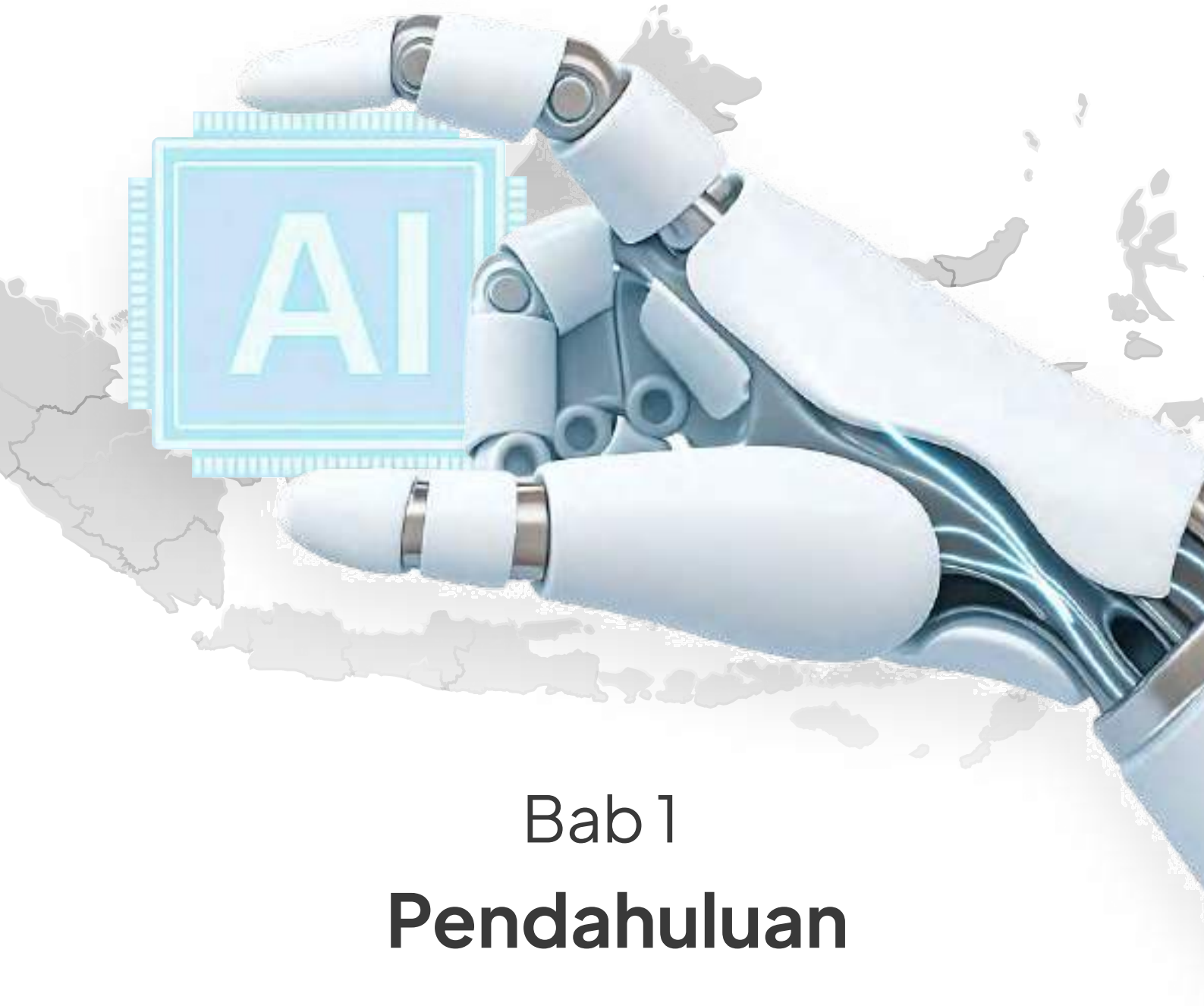
Arah kebijakan dan strategi yang menjadi dasar acuan pengembangan KA nasional terefleksikan dalam 4 (empat) fokus utama yang saling terkait dan tidak dapat dipisahkan, yaitu: **(1) Penguatan Keterlibatan Berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintahan (*Empowering Multistakeholder & Whole-of Government*)** – penguatan kolaborasi lintas sektor dan seluruh lini pemerintahan, **(2) Pengembangan Inovasi (*Nurturing Innovation*)** – penciptaan ruang kondusif bagi pertumbuhan inovasi, **(3) Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi (*Improving Technology, Research, and Innovation Capability and Capacity*)** – peningkatan kemampuan teknologi serta riset dan inovasi lokal, serta **(4) Mitigasi Risiko (*Mitigating Risks*)** – penekanan pada pelindungan terhadap risiko etika, hukum, dan sosial. Keempat fokus ini dirancang untuk berjalan secara sinergis guna mencegah ketimpangan dalam implementasi dan memastikan bahwa pengembangan KA nasional dapat memberikan manfaat yang merata dan berkeadilan bagi seluruh lapisan masyarakat.

Masing-masing arah kebijakan memuat strategi yang diidentifikasi berdasarkan kebutuhan dari aspek Etika, Kebijakan, Infrastruktur dan Data, Riset dan Inovasi Industri, Pengembangan Talenta, Investasi/ Pembiayaan dan *Use Case*. lebih lanjut **rekomendasi strategi beserta identifikasi program *quick win*** dirumuskan dengan menetapkan sasaran terukur dan pemetaan peran aktor serta sumber pendanaan, agar implementasi peta jalan berjalan dengan efektif. **Strategi memuat program dan kegiatan yang menjadi inisiatif dalam pelaksanaan Peta Jalan KA Nasional dalam jangka waktu 5 (lima) tahun kedepan**. Penentuan inisiatif program dan kegiatan tersebut didasarkan pada hasil analisis *Threats, Opportunities, Weaknesses, Strengths* (TOWS) yang memperhatikan pertimbangan dampak yang dideskripsikan melalui keluaran yang diharapkan, waktu yang diperlukan untuk implementasinya, serta penanggung jawab (aktor) dan keterkaitannya dengan instansi/pemangku kepentingan terkait.

Secara keseluruhan, **dokumen Buku Putih ini bukan hanya merupakan peta jalan teknokratik, tetapi juga visi strategis untuk mengarahkan pengembangan KA yang sejalan dengan nilai-nilai kebangsaan, konstitusi, dan tujuan pembangunan berkelanjutan**. Buku Putih ini menjadi pijakan awal yang krusial bagi Indonesia untuk mengembangkan kapasitas inovasi digital secara berdaulat, memperkuat daya saing global, dan membangun masa depan yang inklusif dan berkeadilan di era kecerdasan artifisial.

Kunci utama dari penggerak pelaksanaan Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional merupakan **penguatan kolaborasi dan harmonisasi antara Pemerintah (Kementerian/Lembaga) dan/atau Pemerintah Daerah, akademisi dan lembaga pendidikan, dunia usaha, dunia industri, jejaring komunitas/asosiasi, dan/atau media**. Guna mendorong efektivitas dan efisiensi pemantauan dan evaluasi pelaksanaan inisiatif strategi Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional, salah satu bagian dari inisiatif yang dirumuskan yaitu perlunya **pembentukan Gugus Tugas Koordinasi Kecerdasan Artifisial Nasional** sebagai program utama untuk mendukung strategi Penguatan Keterlibatan Berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintahan. Melalui kolaborasi ini dapat memperkuat **sistem pemantauan dan evaluasi nasional** berbasis indikator yang terukur dan dapat ditindaklanjuti dan bersifat dinamis, terbuka terhadap umpan balik publik, dan mampu menyesuaikan dengan laju perubahan teknologi KA.

Mengingat perkembangan KA yang sangat cepat, **Peta Jalan KA Nasional kedepannya juga perlu dievaluasi secara periodik** agar tetap relevan dan dapat menjawab dinamika kebutuhan nasional maupun global. Selain itu disarankan agar setiap multipemangku kepentingan dapat memperhatikan panduan strategis dari Peta Jalan untuk mengakselerasi inisiatif pengembangan dan pemanfaatan KA pada masing-masing instansi.



Bab 1
Pendahuluan

1.1
Latar Belakang dan Urgensi Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional

1.2
Visi, Misi, dan Peran KA dalam Pembangunan Nasional

1.3
Partisipasi dan Proses Penulisan Peta Jalan KA Nasional

1.1
Latar Belakang dan Urgensi Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional

Disrupsi Kecerdasan Artifisial (KA) telah diidentifikasi sebagai salah satu tantangan strategis Bangsa Indonesia sebagaimana dituangkan di dalam Visi, Misi, dan Program Presiden dan Wakil Presiden 2024–2029.

Walau secara spesifik disrupsi KA dicantumkan dapat mengubah kebutuhan talenta di hampir semua industri dan juga mendorong peningkatan kemampuan tenaga kerja secara cepat, secara faktual KA telah mendisrupsi berbagai sektor di Indonesia. Di dalam Visi, Misi, dan Program tersebut telah dituangkan Asta Cita[1] yang diekstraksi ke dalam 17 Program Prioritas Presiden dan delapan Program Hasil Terbaik Cepat (*Quick Win*). Penjabaran Asta Cita dituangkan ke dalam Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 12 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029 dan selaras dengan Undang-Undang (UU) Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045.

Pentingnya pemanfaatan teknologi KA untuk pembangunan nasional telah diantisipasi dengan disusunnya Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial 2020–2045 (Stranas KA) yang mencantumkan Empat Fokus Area dan Lima Bidang Prioritas. Kelima Bidang Prioritas tersebut selaras dengan 17 Program Prioritas Presiden yang diekstraksi dari Asta Cita. Stranas KA juga telah menekankan pentingnya kolaborasi riset dan inovasi industri untuk meraih sasaran-sasaran pembangunan nasional dan juga menetapkan sasaran posisi Indonesia pada tataran global pada penguasaan teknologi KA yang mana saat ini masih berada di peringkat 49 dari 73 negara berdasarkan *Global AI Index* 2024 dan peringkat ke-38 berdasarkan *Government AI Readiness Index* 2024.

Di sisi lain, perkembangan dan dinamika KA yang sangat cepat dalam lima tahun terakhir didorong oleh kemunculan teknologi KA generatif, maka diperlukan penyesuaian terhadap arah kebijakan dan strategi pembangunan nasional agar mampu mewujudkan ekosistem digital nasional melalui serangkaian program dan kegiatan. Lebih dari itu, perkembangan pesat KA memerlukan kesiapan adaptif dari masyarakat, baik dalam hal pemanfaatannya maupun pola pikir, yang didukung dengan harmonisasi kebijakan KA yang koheren dan adaptif dengan inovasi.

Kedua dokumen rencana pembangunan nasional tersebut menekankan pentingnya penguatan inovasi, teknologi dan transformasi digital untuk mencapai tujuan pembangunan nasional. Di samping itu, Pemerintah juga telah meluncurkan Visi Indonesia Digital (VID) 2045 yang memberikan arah kebijakan dan sasaran bersama guna mengoptimalkan manfaat teknologi dalam pembangunan ekonomi, sosial dan kemasyarakatan pada satu ekosistem digital nasional. Ekosistem tersebut menjadi penggerak transformasi digital nasional, merupakan sebuah kesatuan utuh dari berbagai elemen dan sinergi serta dibangun melalui serangkaian upaya intervensi pada tiap elemen pendukungnya, dengan fondasi infrastruktur digital beserta elemen-elemen penting lainnya seperti keamanan dan data, Sumber Daya Manusia (SDM) digital, riset dan inovasi, serta regulasi dan kebijakan.

[1] Adapun 17 program prioritas presiden Prabowo Subianto adalah: Swasembada pangan energi dan air, penyempurnaan sistem penerimaan negara, reformasi politik hukum dan birokrasi, pencegahan dan pemberantasan korupsi, pemberantasan kemiskinan, pencegahan dan pemberantasan narkoba, jaminan tersedianya pelayanan kesehatan bagi seluruh rakyat, penguatan pendidikan sains dan teknologi serta digitalisasi, Penguatan kesetaraan gender dan pelindungan hak perempuan anak serta penyandang disabilitas, menjamin pelestarian lingkungan hidup, menjamin ketersediaan pupuk, benih dan pestisida langsung ke petani, menjamin rumah murah dan sanitasi untuk masyarakat desa dan rakyat yang membutuhkan, melanjutkan pemerataan ekonomi, penguatan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) dan pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN), melanjutkan hilirisasi dan industrialisasi berbasis sumber daya alam dan maritim untuk membuka lapangan kerja yang seluas-luasnya dalam mewujudkan keadilan ekonomi, memastikan kerukunan antar umat beragama, kebebasan beribadah dan perawatan rumah ibadah, dan pelestarian seni budaya, peningkatan ekonomi kreatif dan peningkatan prestasi olahraga.



Gambar 1.1 Visi Indonesia Digital 2045

Dalam konteks pencapaian tujuan pembangunan nasional, inisiatif-inisiatif terkait pembentukan dan pengembangan ekosistem KA diharapkan dapat mendukung pencapaian program Prioritas Nasional ke-2, yakni memantapkan ekonomi digital, dan program Prioritas Nasional ke-3, yakni membangun faktor pendukung ekonomi digital. Untuk itu, pembentukan dan pengembangan ekosistem KA yang memberdayakan sumber daya nasional dan mengelaborasi lanskap nasional wajib sejalan dengan RPJPN 2025–2045 dan RPJMN 2025–2029. Hal tersebut juga ditujukan untuk menopang target pertumbuhan ekonomi nasional pemerintah sebesar 8%. Oleh karenanya, KA menjadi salah satu penggerak penting dalam peningkatan kemampuan digital nasional yang maju dan mandiri guna mewujudkan masyarakat yang adil, makmur, dan sejahtera.

Peluang Kecerdasan Artifisial

KA menjadi fokus utama diskusi global dalam *World Economic Forum* (WEF) 2025. Forum ini membahas berbagai aspek penting dari KA termasuk dampaknya terhadap industri, perubahan kebutuhan tenaga kerja, etika, inovasi, serta pemanfaatannya di sektor keuangan dan kesehatan. Aspek lain yang juga dibahas dalam forum WEF adalah tantangan dalam penerapan KA yang mencakup isu regulasi, keamanan siber, dan potensinya terhadap dinamika geopolitik.

Para pemimpin dunia dan pelaku industri menyepakati bahwa KA memiliki potensi transformatif dalam meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan ekonomi. KA diperkirakan dapat memberikan kontribusi hingga 15,7 triliun dolar AS terhadap ekonomi global pada tahun 2030, yang mana dari jumlah tersebut yakni sebesar 6,6 triliun dolar AS berasal dari peningkatan produktivitas dan efisiensi, sedangkan 9,1 triliun dolar AS bersumber dari efek pengganda (*multiplier effect*) konsumsi (*PricewaterhouseCoopers*, 2024).



Pemanfaatan teknologi KA telah memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas bisnis, diantaranya adalah untuk mengoptimalkan rantai pasokan, mengotomatisasi tugas-tugas berulang, serta meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Otomatisasi yang didorong oleh KA telah memungkinkan organisasi untuk mencapai efisiensi luar biasa sembari menurunkan biaya operasional (WEF, 2024). Pemerintah negara-negara ekonomi maju juga turut menegaskan mengenai pentingnya investasi dalam penelitian dan pengembangan KA guna meraih dan mempertahankan keunggulan kompetitif. Uni Eropa telah meluncurkan rencana alokasi dana sebesar 1,3 miliar euro untuk inovasi KA melalui program *Digital Europe*. Sementara itu, Amerika Serikat menegaskan komitmennya terhadap kemitraan publik-swasta melalui kerangka kerja *National AI Initiative*. Di sisi lain, negara-negara berpendapatan menengah atas (*upper middle income country*) semakin menyadari pentingnya adopsi KA untuk meningkatkan daya saing dan percepatan pembangunan ekonomi nasional mereka. Indonesia yang tergolong sebagai negara berpendapatan menengah atas (Bank Dunia, 2025) juga mulai menunjukkan peningkatan dalam adopsi dan penggunaan KA.

Penerapan KA
Indonesia Menempati Peringkat



Indonesia menempati posisi 10 besar dunia dalam hal pengguna aktif harian KA generatif yang didukung oleh lebih dari 221 juta pengguna internet (Boston Consulting Group, 2024). Pedoman etika KA yang dituangkan dalam Surat Edaran (SE) Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 9 Tahun 2023 tentang Etika KA menunjukkan inisiatif Indonesia untuk menyelaraskan tata kelola etika dalam pengembangan KA secara nasional. Inisiatif ini sejalan dengan praktik negara-negara yang telah lebih dahulu mengembangkan KA yang umumnya mengadopsi pedoman etika KA dari organisasi internasional dan regional seperti *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO), *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), *Uni Eropa, dan Association of Southeast Asian Nations* (ASEAN). Meskipun Indonesia masih dalam tahap awal pengembangan KA, kemajuan dalam adopsi KA serta inisiatif penataan regulasi dan etika menjadi dasar yang kuat untuk mendorong transformasi digital yang bertanggung jawab dan berkelanjutan. Hal ini sekaligus memosisikan Indonesia sebagai salah satu pemain penting dalam ekosistem KA global dan berpotensi untuk berkembang pesat.

Indonesia juga negara pertama di Asia Tenggara yang telah melaksanakan *Artificial Intelligence Readiness Assessment*/RAM (UNESCO, 2024). RAM menjadi instrumen kesiapan adopsi KA secara holistik dan multidimensional yang telah digunakan di lebih dari 60 negara di dunia. Survei RAM tersebut menunjukkan bahwa adopsi KA di lembaga-lembaga nonpemerintah menunjukkan tren positif.

Pola penggunaan KA didominasi untuk pembuatan konten, keterlibatan pelanggan, dan dukungan pemasaran yang menempatkan KA generatif siap pakai menjadi pintu masuk menuju adopsi KA yang lebih luas. *Government AI Readiness Index* (Oxford Insights, 2024) juga menempatkan Indonesia di posisi keempat di Asia Tenggara dengan skor keseluruhan 65,85. Tiga negara ASEAN yang berada di atasnya adalah Singapura (84,25), Malaysia (71,40), dan Thailand (66,17). Dari tiga pilar penilaian, Indonesia memperoleh skor tertinggi pada pilar pemerintahan (79,86), disusul oleh data dan infrastruktur (69,64), sementara pada pilar teknologi skornya tertinggal jauh, yakni hanya 48,06. Meski mengalami peningkatan dari posisi ke-42 pada tahun 2023, hasil ini menunjukkan bahwa kesiapan adopsi KA di Indonesia masih menghadapi tantangan signifikan, terutama dalam hal kematangan teknologi, kapasitas inovasi, dan ketersediaan talenta. Ketiga faktor tersebut menjadi fokus penting dalam upaya peningkatan kesiapan pemerintah mengadopsi dan menerapkan KA untuk mewujudkan sasaran-sasaran pembangunan nasional di berbagai sektor untuk kesejahteraan bangsa Indonesia.

Pemanfaatan KA juga membuka peluang besar bagi Indonesia untuk meningkatkan perekonomiannya yang diukur menggunakan Produk Domestik Bruto (PDB). Teknologi KA mampu memberikan kontribusi hingga USD 366 miliar dolar AS terhadap PDB Indonesia pada tahun 2030 (Kearney, 2020). KA dan teknologi baru bukan lagi sekadar proyeksi masa depan, melainkan telah menjadi bagian integral dari strategi pertumbuhan ekonomi nasional yang menargetkan pertumbuhan sebesar 8% pada 2029 (Tony Blair Institute, 2024). Sebagai negara dengan populasi terbesar keempat di dunia yang sedang mengembangkan ekonomi digital nasional, Indonesia memiliki potensi besar dalam memanfaatkan KA untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya.

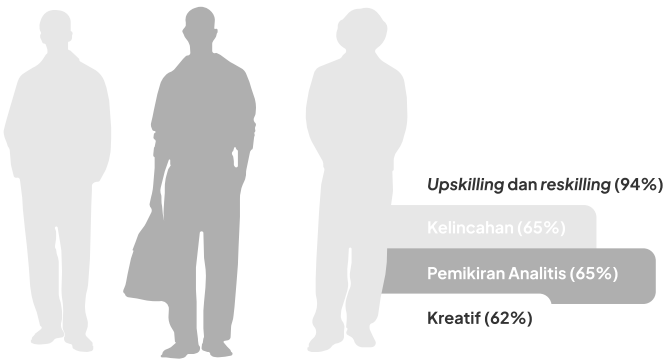
Tantangan Kecerdasan Artifisial

Tantangan besar yang dihadapi Indonesia untuk adopsi dan implementasi KA adalah kesiapan infrastruktur komputasi dan data untuk mendukung pemodelan KA, serta kesiapan sektor industri dan publik dalam mengadopsi inovasi teknologi secara luas. Dominasi inovasi KA secara global oleh negara-negara maju dan perusahaan-perusahaan besar global memperlihatkan urgensi Indonesia untuk mengejar ketertinggalan dalam pengembangan ekosistem teknologi ini. Dominasi tersebut tidak hanya menentukan arah teknologinya, tetapi juga standar etika dan regulasi yang tidak selalu kontekstual bagi negara berkembang. Akibatnya, Indonesia sering kali berada pada posisi sebagai negara pengguna pasif yang memiliki posisi tawar lemah dalam produksi pengetahuan maupun pengambilan keputusan strategis dalam tata kelola KA. Untuk mengatasi kesenjangan ini, Indonesia perlu memperkuat riset dan inovasi nasional agar mampu membangun infrastruktur komputasi KA lokal, serta membangun ekosistem KA terbuka yang mendorong inovasi lokal.

Tantangan lain yang juga strategis bagi Indonesia adalah terbatasnya talenta ahli di bidang teknologi tinggi, termasuk KA. Laporan WEF 2020 menyebutkan bahwa Indonesia masih kekurangan tenaga kerja di bidang KA. Lebih lanjut, investasi dalam penelitian dan pengembangan Indonesia masih sangat rendah, yakni sekitar 0,28% dari PDB (Bank Dunia, 2022), jauh di bawah negara-negara yang telah menjadikan KA sebagai tulang punggung pembangunan. Untuk menjawab tantangan tersebut, *Future of Jobs Report* 2025 (WEF, 2025) menekankan pentingnya pengembangan talenta di bidang KA, *big data*, dan keberlanjutan. Pelatihan tenaga kerja, termasuk *upskilling* dan *reskilling*, perlu difokuskan pada keterampilan inti seperti ketahanan, fleksibilitas, kelincahan (65%), pemikiran analitis (65%), dan kreativitas (62%). Namun demikian, peningkatan keterampilan ini harus diimbangi dengan penumbuhan industri yang mampu menyerap tenaga kerja yang sudah dilatih.

Perkembangan KA juga membawa isu-isu kompleks yang mencakup dimensi etika, hukum, sosial, ekonomi, dan lingkungan. Isu ekonomi dan sosial budaya menempati posisi tertinggi dalam hal tantangan etika (27%), diikuti oleh isu keamanan dan keselamatan (17,8%), ketidakakuratan serta penyalahgunaan KA (16%), pelanggaran hak dan privasi (12,3%), isu terkait kognisi manusia (12,9%), dan ketimpangan akses (7,4%) (UNESCO, 2024). Laporan tersebut juga menegaskan pentingnya penguatan tata kelola dan etika KA sebagai bagian dari kesiapan Indonesia dalam transformasi digital. Salah satu rekomendasi utamanya adalah perlunya perluasan dan pendalaman kebijakan KA, termasuk penjabaran lebih lanjut dari Stranas KA dalam bentuk kerangka hukum dan etika yang lebih kuat. Aspek-aspek yang harus diperhatikan mencakup regulasi, tata kelola, serta pelindungan data yang mampu menjamin pengembangan dan pemanfaatan KA yang bertanggung jawab, etis, dan inklusif.

Perlunya pengembangan Talenta



** Sumber : Future of Jobs Report 2025 dari WEF*

Memperhatikan potensi besar yang tersedia dan dihadapkan pada tantangan yang kompleks, Indonesia berada pada titik krusial dalam menentukan arah pengembangan dan pemanfaatan KA ke depan. Upaya memperkuat ekosistem riset dan inovasi, membangun regulasi yang adaptif, serta memperluas kapasitas talenta lokal akan sangat menentukan level pemanfaatan KA di Indonesia, dari pengguna pasif menjadi aktor aktif dalam lanskap teknologi KA global. Merespons kebutuhan tersebut diperlukan panduan strategis yang dapat digunakan untuk pengembangan dan pemanfaatan KA pada semua fokus area serta bidang prioritas untuk mewujudkan Program Prioritas Presiden dalam bentuk **Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Nasional**. Panduan ini menjadi penting, karena tanpa adanya peta jalan yang tepat dengan strategi kuat untuk landasan implementasi program dan kegiatan yang tepat dan terukur, maka pengembangan dan pemanfaatan KA di Indonesia berisiko tidak terarah, tidak mampu mewujudkan sasaran pembangunan nasional, dan bahkan berpotensi menimbulkan tantangan baru seperti kesenjangan digital serta risiko etika dalam penerapan teknologi.

Oleh karena itu, penyusunan Peta Jalan KA Nasional yang mencakup arah kebijakan, strategi, program, dan kegiatan pada aspek etika, kebijakan, pengembangan talenta, infrastruktur dan data, riset dan inovasi industri, investasi dan pembiayaan, serta *use case* menjadi sebuah urgensi yang wajib dijadikan perhatian oleh semua sektor *pentahelix*. Dengan perencanaan matang, Indonesia dapat memanfaatkan secara maksimal teknologi KA untuk mendukung transformasi digital yang aman, inklusif dan berkelanjutan. Pemerintah Indonesia perlu secara berkelanjutan melakukan evaluasi dalam rangka pembaharuan arah kebijakan dan strategi pengembangan dan pemanfaatan teknologi KA dengan memperhatikan dan memperhitungkan beragam isu yang terdapat pada strategi KA berbagai negara, baik pada tataran global maupun regional. Peran pemerintah dalam menetapkan kebijakan dan strategi KA tidak hanya sebagai regulator, tetapi juga sebagai akselerator, katalisator, dan fasilitator dalam menavigasi perkembangan KA dengan mengubah tantangan menjadi peluang. Pemerintah juga wajib melakukan harmonisasi dan koherensi kebijakan-kebijakan yang relevan dengan KA, terutama yang telah tersedia saat ini (*existing policies*) untuk menghindari tumpang tindih kebijakan/regulasi nasional.

1.2 Visi, Misi, dan Peran KA dalam Pembangunan Nasional

Dokumen Peta Jalan KA Nasional memerlukan visi dan misi sebagai acuan dalam penyusunan dan penetapan sasarannya. Visi dan misi mempertimbangkan berbagai dokumen negara yang telah tersedia, seperti RPJMN 2025–2029, Stranas KA, Asta Cita, dan VID 2045. Penyusunan visi dan misi ini dimaksudkan sebagai upaya untuk memperkuat Peta Jalan KA Nasional, sekaligus menopang dan mengakselerasi berbagai prioritas nasional serta visi dan misi pembangunan nasional sebagaimana dirumuskan di dalam Asta Cita, RPJMN 2024–2029, dan RPJPN 2025–2045.

Berlandaskan pada pijakan tersebut, visi Peta Jalan KA Nasional dinyatakan sebagai berikut: **"Terwujudnya Kecerdasan Artifisial yang etis dan bertanggung jawab untuk memperkuat daya saing global menuju Indonesia Emas 2045".**

Untuk mewujudkan Visi KA Nasional tersebut, Peta Jalan KA Nasional merumuskan Misi KA Nasional yang mencerminkan pendekatan, arah kebijakan, strategi, program-program prioritas dan *Quick Win* sebagai pernyataan untuk melaksanakan berbagai kegiatan yang akan dilaksanakan sebagai langkah aksi. Misi KA Nasional dielaborasi ke dalam misi-misi setiap fokus area, meliputi: etika, kebijakan, pengembangan talenta, infrastruktur dan data, riset dan inovasi industri, investasi/pembiayaan, dan *use case*.



Gambar 1.2 Kerangka Ekosistem KA Nasional

Misi KA Nasional

a. Mewujudkan KA yang beretika sesuai dengan nilai-nilai Pancasila;

b. Mewujudkan hukum dan kebijakan yang mendukung inovasi dan teknologi KA yang berpusat pada *human-centric*, aman, bertanggung jawab dan berorientasi pada kesejahteraan masyarakat;

c. Menciptakan ekosistem infrastruktur dan data yang dapat mendukung kontribusi KA untuk pembangunan nasional;

d. Menumbuhkembangkan ekosistem kolaborasi riset dan inovasi industri KA guna mengakselerasi reformasi birokrasi serta industri;

e. Menyiapkan talenta KA yang berdaya saing dan berkarakter;

f. Menumbuhkembangkan iklim investasi/ pembiayaan yang dapat mengakselerasi pengembangan ekosistem KA nasional yang etis dan bertanggung jawab;

g. Menyiapkan *use case* yang mampu mewujudkan program-program prioritas dan *Quick Win*.

Untuk mencapai visi dan misi KA dalam mendukung pencapaian target pembangunan nasional, diperlukan adanya suatu kerangka ekosistem KA Nasional, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1.2. Ekosistem ini dibangun dengan dua landasan utama, yakni (i) etika dan kebijakan yang menjadi pedoman tata kelola ekosistem KA Nasional; dan (ii) investasi/pembiayaan yang menggerakkan seluruh pilar dalam ekosistem KA Nasional. Tiga pilar penyangga ekosistem KA Nasional tersebut meliputi:

- ***Pertama***, pilar riset dan inovasi industri berperan dalam pengembangan KA yang mutakhir, relevan, berkesinambungan dan berdampak kepada masyarakat;
- ***Kedua***, pilar pengembangan talenta berperan dalam penyiapan talenta agar memiliki kompetensi dan kemampuan yang mumpuni guna memenuhi kebutuhan talenta pada setiap rantai pasok industri KA. Pilar ini mencakup seluruh aktor dalam siklus hidup KA, mulai dari pengembang (penyedia data, pengembang KA, penyedia sistem KA), pengguna (penyelenggara KA, pengguna akhir KA), dan masyarakat terdampak (khalayak umum termasuk kelompok rentan);
- ***Ketiga***, pilar infrastruktur dan data berperan dalam penyediaan infrastruktur digital yang andal serta akses terhadap data yang aman, terbuka, dan berkualitas. Pengembangan KA mutlak membutuhkan ketersediaan dan arus data serta dukungan infrastruktur digital yang memastikan konektivitas dan interoperabilitas dalam ekosistem KA;

Pada akhirnya, dengan fondasi yang kuat dan dukungan tiga pilar pada ekosistem KA Nasional, diharapkan dapat mendorong pengembangan dan pemanfaatan *use case* KA pada bidang prioritas guna mendukung pertumbuhan ekonomi dan pembangunan berkelanjutan.

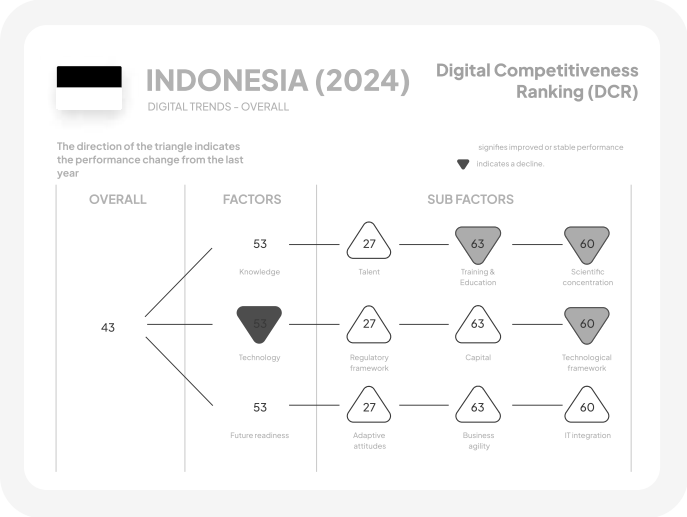
Pengembangan kerangka ekosistem KA Nasional diharapkan dapat menjadi lensa dinamis dan fungsional untuk menganalisis keseluruhan sistem KA sebagai suatu kesatuan yang terintegrasi dan saling terhubung. Kerangka ini melibatkan seluruh pemangku kepentingan secara interdependensi (saling terhubung dan terkait), aliran pengetahuan, transfer teknologi, dan sinergi lintas sektoral.

Oleh karenanya, dalam mencapai visi KA selain bertumpu pada fondasi dan pilar-pilar strategis sebagaimana telah diuraikan di atas, juga diperlukan navigasi dalam bentuk arah kebijakan dan yang mampu mengorkestrasi gerak keseluruhan pemangku kepentingan dalam ekosistem KA Nasional, pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan untuk mengukur setiap pencapaian, efektivitas dari tiap program dan kegiatan, sekaligus identifikasi pembelajaran yang dapat diambil, dan katalis kolaborasi lintas sektor melalui suatu platform terbuka dan inklusif.

Peran Kecerdasan Artifisial Dalam Pembangunan Nasional

Dalam konteks perencanaan pembangunan nasional 2025–2029, Indonesia berada pada tahap pertama dari keseluruhan periode pembangunan jangka panjang untuk mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045. Tujuan akhir (*ultimate goal*) dari rencana pembangunan jangka panjang pada 2045 adalah mewujudkan Indonesia sebagai salah satu negara maju yang memiliki pendapatan perkapita setara dengan negara-negara maju.

Perwujudan visi tersebut mensyaratkan terjadinya transformasi sosial, ekonomi, dan tata kelola pemerintahan melalui transformasi digital. Hal ini tercermin dari komitmen pemerintah yang menempatkan transformasi digital sebagai salah satu pilar utama dalam RPJPN 2025–2045. Komitmen ini juga nampak dari peningkatan daya saing digital Indonesia yang naik ke posisi 43 pada 2024 mengacu pada indeks daya saing digital global (IMD *World Competitiveness Center*, 2024).

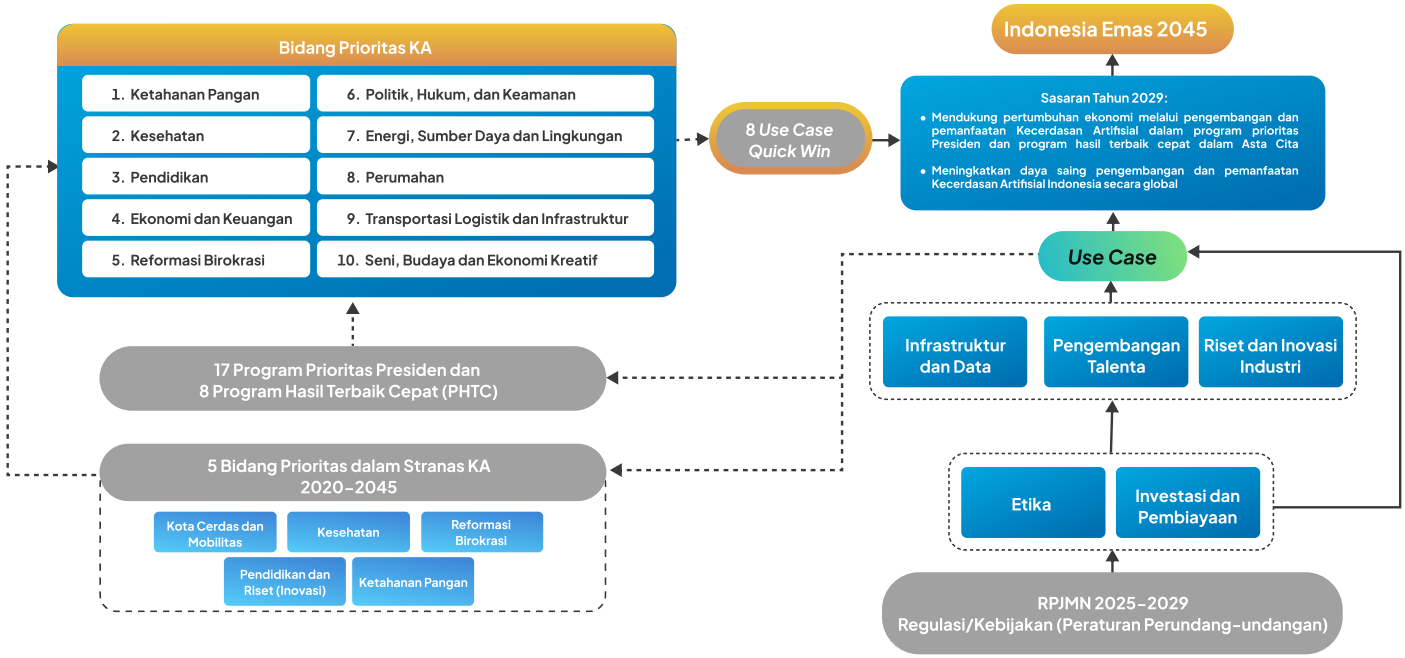


Keseriusan komitmen tersebut perlu diejawantahkan dengan memperkuat peran teknologi digital termasuk KA sebagai *enable*r yang mendorong pertumbuhan ekonomi, dan mendorong perkembangan sektor produktif, sebagai sumber pertumbuhan inovatif (RPJMN 2025–2029). Sumber pertumbuhan inovatif ini diperlukan untuk mencapai target pertumbuhan ekonomi yang tinggi, sehingga dapat mengatasi sejumlah tantangan strategis, baik yang berasal dari dinamika internal, maupun sebagai akibat dari perkembangan di tingkat global, yang dapat menghalangi tercapainya visi pembangunan nasional.

Berbagai persoalan seperti rendahnya produktivitas tenaga kerja, meningkatnya jumlah kelas menengah yang rentan miskin akibat perlambatan ekonomi, ketergantungan pada industri ekstraktif yang rentan terhadap fluktuasi harga komoditas, serta kerentanan tinggi terhadap perubahan iklim akibat kondisi geografis, perlu untuk diatasi. Demikian pula, dampak perubahan iklim maupun dinamika geopolitik global seperti ketegangan Rusia-Ukraina, atau pun Timur Tengah, alotnya negosiasi tarif perdagangan yang melibatkan Amerika Serikat dan mitra dagangnya, telah meningkatkan ketidakpastian dan mengancam target pertumbuhan ekonomi nasional.

Lebih jauh, relevansinya dengan perencanaan pembangunan nasional, keseluruhan arah dan strategi kebijakan, program, dan kegiatan dalam Peta Jalan KA Nasional ini, telah menjadi bagian yang integral dalam upaya meraih 8 Prioritas Nasional RPJMN 2025–2029 yang merupakan penjabaran dari 17 Program Prioritas dalam Asta Cita dan relevan dengan Bidang-Bidang Prioritas Stranas KA. Penyusunan Peta Jalan KA Nasional ini juga menjadi langkah nyata dari upaya Indonesia untuk meningkatkan daya saing dan peringkat penguasaan teknologi KA pada tataran global. Secara umum, KA sebagai bagian dari kemajuan teknologi digital berpotensi menjadi alat strategis untuk merealisasikan target pertumbuhan ekonomi nasional, khususnya melalui otomatisasi, *internet of things*, efisiensi sektor produktif seperti pertanian, manufaktur, maupun pelayanan publik.

KA juga dapat membantu mencapai beberapa target pembangunan dalam bentuk *use case*, misalnya KA dapat digunakan untuk swasembada pangan dan deteksi dini *stunting*. Pengembangan dan pemanfaatan KA memerlukan *enabler* berupa infrastruktur dan data, didukung oleh riset dan inovasi industri yang kuat dan berkesinambungan, serta talenta KA yang unggul dan kompeten. Penyelenggaran KA tersebut mengharuskan komitmen kepatuhan yang kuat pada etika KA yang dilandasi dengan peraturan perundang-undangan yang baik, serta dukungan investasi/pembiayaan yang memadai. Lebih lanjut, Peta Jalan KA Nasional ini juga merumuskan sejumlah *use case* hasil terbaik cepat (*Quick Win*), yang diharapkan dapat dicapai dalam rentang waktu singkat dan memberi dampak signifikan bagi masyarakat.



Gambar 1.3. Kerangka Kerja Peta Jalan KA Nasional

1.3 Partisipasi dan Proses Penulisan Peta Jalan KA

Penyusunan Peta Jalan KA Nasional diinisiasi oleh Direktorat Kecerdasan Artifisial dan Ekosistem Teknologi Baru, Direktorat Jenderal Ekosistem Digital, Kementerian Komunikasi dan Digital (Komdigi) Republik Indonesia pada bulan Februari 2025 berdasarkan pada identifikasi dan evaluasi Stranas KA bersama tim penyusun.

Koordinasi terkait sinkronisasi Stranas KA juga dilakukan dengan Kementerian/Lembaga (K/L) untuk identifikasi perkembangan KA melalui berbagai forum, seperti diskusi terpumpun yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan (*multistakeholders*).

Pada bulan Mei 2025 Gugus Tugas Peta Jalan KA dibentuk dengan 7 kelompok kerja (pokja), yaitu **kebijakan, etika, infrastruktur dan data, riset dan inovasi industri, pengembangan talenta, investasi/pembiayaan, dan *use case*, yang melibatkan berbagai K/L, industri/ perusahaan/firma, akademisi, asosiasi, dan organisasi masyarakat sipil, serta media.**

Koordinasi antarpokja dilakukan secara bertahap untuk membahas isu-isu terkait dalam internal pokja, lintas pokja, dan menerima masukan dari K/L guna menghasilkan arah kebijakan, strategi, dan rekomendasi Peta Jalan KA untuk mewujudkan program-program prioritas dan *Quick Win* Pemerintah dalam rentang waktu 2025–2029. Peran dari masing-masing pokja dalam penyusunan Peta Jalan KA disampaikan secara umum pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Peran Kelompok Kerja pada Gugus Tugas Peta Jalan KA Nasional

No	Kelompok Kerja	Peran
1	Kebijakan	• Melakukan evaluasi kebijakan, *benchmark* kebijakan/regulasi KA pada skala nasional, regional, dan global, analisis kesenjangan kebutuhan kebijakan/regulasi • Melakukan evaluasi isu perkembangan KA dan evaluasi manajemen risiko KA • Melakukan analisis aktor dalam ekosistem KA, siklus hidup KA, mekanisme pengawasan kelembagaan tata kelola
2	Etika	• Mengidentifikasi risiko etika KA • Merumuskan prinsip-prinsip etika KA yang berdasar pada *human-centric*, *socially beneficial*, dan inovatif (*innovation driven*)
3	Infrastruktur dan Data	• Mengidentifikasi kondisi saat ini (*existing*), tantangan utama, serta kebutuhan strategis terkait infrastruktur seperti pusat data, jaringan internet berkapasitas tinggi, serta komputasi awan (*cloud computing*) dengan memperhatikan kebutuhan khusus lintas sektor • Mengkaji standar interoperabilitas data, isu pelindungan data pribadi dan keamanan data, serta keterbatasan ketersediaan data sektoral
4	Riset dan Inovasi Industri	• Menganalisis peran riset dan inovasi industri dalam memajukan adopsi dan pengembangan KA nasional • Melakukan evaluasi terhadap ekosistem dan kinerja riset dan inovasi industri KA • Mengidentifikasi kebutuhan penguatan ekosistem riset dan inovasi KA serta kolaborasi dengan lintas sektor untuk menghasilkan riset dan inovasi KA yang relevan, unggul, berdampak dan berdaya saing
5	Pengembangan Talenta	• Mengkaji kebutuhan dan pengembangan talenta pengembang dan talenta pengguna KA melalui jalur pendidikan formal dan nonformal • Mengkaji kebutuhan sertifikasi nasional talenta KA yang terstandardisasi • Mengidentifikasi karakteristik dan penguatan kompetensi masyarakat terdampak KA
6	Investasi/ Pembiayaan	• Melakukan pemetaan dan analisis data investasi KA • Mengkaji rancangan model pembiayaan yang sesuai dengan karakteristik risiko dan siklus hidup KA • Mengkaji rekomendasi pengembangan iklim investasi yang kondusif dan berdaya saing • Mengkaji kebutuhan kolaborasi lintas sektoral untuk menyinergikan sumber daya pendanaan
7	*Use Case*	• Melakukan evaluasi dampak strategis *use case* KA, kesiapan teknologi dan data, potensi replikasi, dan skalabilitas • Merancang matriks evaluasi dan skoring nasional untuk *use case* KA • Menganalisis kebutuhan kolaborasi lintas sektoral untuk implementasi *use case* KA utama



Bab 2

Kerangka Konseptual Kecerdasan Artifisial

2.1
Definisi Kecerdasan Artifisial

2.2
Siklus Hidup Kecerdasan Artifisial

2.3
Prinsip-Prinsip Tata Kelola Kecerdasan Artifisial

2.4
Risiko Kecerdasan Artifisial

2.1 Definisi Kecerdasan Artifisial

Secara gramatikal, definisi KA menekankan pada cara membuat mesin berperilaku cerdas yang dapat menyerupai manusia dalam berperilaku (Luger, 2025). Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) mendefinisikan KA sebagai "*program komputer dalam meniru kecerdasan manusia, seperti mengambil keputusan, menyediakan dasar penalaran, dan karakteristik manusia lainnya*". Secara umum, KA didefinisikan sebagai teknologi yang memungkinkan mesin untuk meniru berbagai keterampilan manusia yang kompleks (Sheikh, Prins, dan Schrijvers, 2023). Stuart Russell dan Peter Norvig (2020) menekankan KA pada aspek kecerdasan dan mengorganisasi definisi KA ke dalam empat kategori, yakni: *thinking humanly*, yang menekankan pendekatan pemodelan kognitif; *acting humanly*, yang mengacu pada pendekatan Uji Turing (*Turing Test*); *thinking rationally*, menekankan pada pendekatan pemikiran-pemikiran hukum; dan *acting rationally*, yang menekankan pada pendekatan agen yang rasional.

Berpijak pada pendekatan berbasis tugas, *High-Level Expert Group on Artificial Intelligence* (HLEG AI) Komisi Eropa (2018) mengembangkan definisi terbuka KA sebagai: "*Sistem yang menunjukkan perilaku cerdas dengan menganalisis lingkungan mereka dan mengambil tindakan - dengan beberapa tingkat otonomi - untuk mencapai tujuan tertentu*". Definisi tersebut dikembangkan untuk mengakomodasi berbagai teknologi yang terkait dengan KA, termasuk *machine learning, robotics*, dan *reasoning*. HLEG AI merekomendasikan definisi KA sebagai "*sistem perangkat lunak (dan mungkin juga perangkat keras) yang dirancang oleh manusia, dengan tujuan yang kompleks, bertindak dalam dimensi fisik atau digital, dengan memahami lingkungan mereka melalui akuisisi data, menafsirkan data terstruktur atau tidak terstruktur yang dikumpulkan, penalaran pada pengetahuan, atau memproses informasi, yang berasal dari data, dan memutuskan tindakan terbaik yang harus diambil, untuk mencapai tujuan yang diberikan*".

Definisi KA sesungguhnya sangat tergantung pada kebutuhan dalam memberikan definisi itu sendiri, yang dapat berbasiskan pada teknologi, sosio-teknik, dan regulasi (kebijakan) (Matthijs M. Maas, 2023). Ragam dan keluasan definisi KA tersebut terekam dalam berbagai definisi yang dikembangkan oleh sejumlah ahli, berbagai organisasi, serta negara-negara dan kawasan dalam memformulasikannya. Dari berbagai definisi yang dikembangkan, terlihat bahwa setiap definisi dibangun berdasarkan persepsi dan kepentingan masing-masing lembaga dan negara terkait. Kendati demikian dapat disimpulkan secara sederhana, KA didefinisikan sebagai sistem berbasis mesin yang diberikan kemampuan menghasilkan prediksi, rekomendasi, atau keputusan untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan dengan cara meniru kecerdasan manusia.

Dalam leksikon hukum Indonesia, sejauh ini belum tersedia secara khusus definisi dari KA. Dalam *SE Menkominfo Nomor 9 tahun 2023 tentang Etika KA, KA dimaknai sebagai "bentuk pemrograman pada suatu perangkat komputer dalam melakukan pemrosesan dan/ atau pengolahan data secara cermat"*.

Lebih jauh, pembangunan definisi KA dapat merujuk pada beberapa regulasi, standar, dan panduan seperti yang dikembangkan oleh organisasi-organisasi internasional seperti *European Union Artificial Intelligence Act* (2021), *International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission* (ISO/IEC 22989:2022), *The OECD AI Principles* (2019; 2024), UNESCO *Recommendation on the Ethics of AI* (2022), dan ASEAN *Guide on AI Governance and Ethics* (2023). Perbandingan definisi KA dari beberapa organisasi internasional atas dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Benchmark* Definisi KA

Rujukan	Definisi
EU Artificial Intelligence Act (EU AI Act)	Sistem yang dirancang untuk beroperasi dengan elemen otonomi dan, berdasarkan data dan input yang disediakan mesin dan/atau manusia, menyimpulkan cara mencapai serangkaian tujuan tertentu menggunakan pembelajaran mesin dan/atau pendekatan berbasis logika dan pengetahuan, dan menghasilkan output yang dihasilkan sistem seperti konten (sistem KA generatif), prediksi, rekomendasi, atau keputusan, yang mempengaruhi lingkungan tempat sistem KA berinteraksi.
ISO/IEC 22989:2022	Sistem rekayasa yang menghasilkan keluaran seperti konten, prakiraan, rekomendasi, atau keputusan untuk serangkaian tujuan yang ditentukan manusia.
The OECD AI Principles	Sistem berbasis mesin dengan tujuan eksplisit atau implisit untuk menyimpulkan, berdasarkan input yang diterimanya, dengan hasil keluaran seperti prediksi, konten, rekomendasi, atau keputusan, yang dapat mempengaruhi lingkungan fisik atau virtual. Sistem KA yang berbeda memiliki tingkat otonomi dan kemampuan beradaptasi yang berbeda-beda setelah diterapkan.
UNESCO Recommendation on the Ethics of AI	Teknologi pemrosesan informasi yang mengintegrasikan model dan algoritma yang menghasilkan kapasitas untuk belajar dan melakukan tugas-tugas kognitif yang mengarah pada hasil seperti prediksi dan pengambilan keputusan dalam lingkungan material dan virtual.
ASEAN Guide on AI Governance and Ethics	Sistem berbasis mesin atau rekayasa yang dapat, untuk serangkaian tujuan tertentu, menghasilkan keluaran seperti prediksi, rekomendasi, atau keputusan yang memengaruhi lingkungan nyata atau virtual.

Berdasarkan pada kerangka konseptual dan teoritik serta rujukan-rujukan definisi dari berbagai organisasi internasional tersebut, maka definisi KA dalam Peta Jalan KA Nasional adalah: "***Teknologi yang berfokus pada pengembangan sistem, dengan tujuan yang eksplisit atau implisit, yang mampu, secara otonom atau semi-otonom, memproses data dan informasi berdasarkan berbagai variasi masukan yang diterimanya untuk menghasilkan keluaran berupa prediksi, rekomendasi, konten, atau keputusan lainnya yang berdampak pada lingkungan fisik maupun digital***".

Aktor Kecerdasan Artifisial

Sistem KA melibatkan berbagai aktor yang meliputi seluruh entitas dalam proses perancangan dan pengembangannya—baik individu, institusi, maupun korporasi—yang memiliki peran langsung dan tidak langsung dalam Siklus Hidup KA, mulai dari penyediaan data, perancangan, pengembangan, penggunaan, dan implementasi. Secara garis besar, para aktor KA setidaknya dapat dikategorikan menjadi lima kelompok sebagai berikut:

1. **Penyedia Data**. Pihak yang menyediakan data untuk pelatihan, pengujian, atau validasi model KA.
2. **Pengembang KA**. Pihak yang merancang, mengembangkan, dan melakukan pelatihan awal terhadap model kecerdasan artifisial, termasuk menentukan arsitektur, algoritma, serta metodologi pelatihan yang digunakan untuk menghasilkan sistem KA.
3. **Penyedia Sistem KA**. Pihak yang menyediakan akses terhadap model kecerdasan artifisial dan infrastruktur pendukungnya, serta mengintegrasikan sistem KA ke dalam produk, layanan, atau platform tertentu.
4. **Penyelenggara Sistem KA**. Pihak yang mengimplementasikan dan mengoperasikan sistem kecerdasan artifisial dalam konteks penggunaan spesifik, seperti dalam layanan publik, sektor industri, atau institusi tertentu.
5. **Pengguna Akhir KA**. Pihak yang menggunakan sistem KA secara langsung melalui antarmuka pengguna atau layanan berbasis KA.

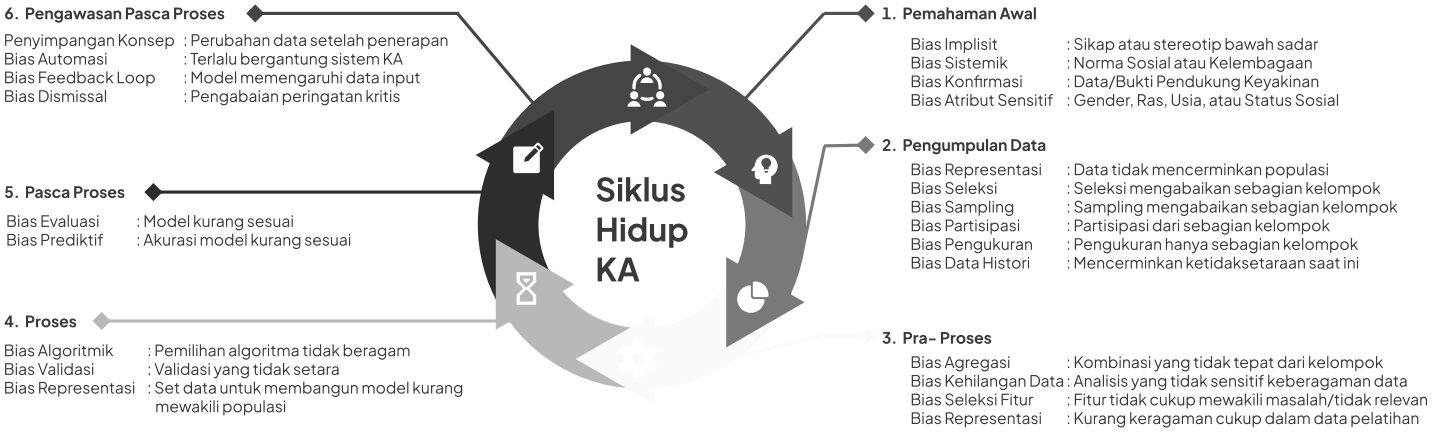
Para aktor tersebut terlibat pada setiap tahapan dalam Siklus Hidup KA, yakni keseluruhan rangkaian alur yang harus dilalui oleh sistem KA, sejak perencanaan awal hingga digunakan oleh pengguna akhir. Siklus hidup tersebut secara umum mencakup fase desain (*design*), pengembangan (*development*), penyelenggaraan (*deployment*), dan pemantauan (*monitoring*). Masing-masing fase dalam siklus hidup membawa risiko serta tanggung jawab tata kelola berbeda yang harus dikelola secara sistematis dan berkelanjutan.

Tabel 2.2 Aktor KA dan Kewajibannya Dalam Tata Kelola KA

Aktor	Kendali Kontrol	Batasan dan Tanggung Jawab
Penyedia Data	Kontrol atas hak cipta, legalitas, dan kualitas data yang diberikan.	Bertanggung jawab atas legalitas data, kebijakan penggunaan, dan keakuratan. Tidak bertanggung jawab atas bagaimana data tersebut diproses dalam model.
Pengembang KA	Kontrol penuh atas arsitektur model, metode pelatihan, parameter teknis, dan performa awal KA	Bertanggung jawab atas akurasi, keamanan teknis, *fairness*, dan *traceability* model. Tidak bertanggung jawab atas penggunaan akhir yang dikonfigurasi oleh pihak lain
Penyedia Sistem KA	Kontrol atas distribusi model, pengaturan akses, konfigurasi sistem, dan integrasi ke sektor pengguna.	Bertanggung jawab atas keamanan akses, transparansi penggunaan, dan kecocokan sistem dalam konteks sektor (kesehatan, keuangan, dsb). Tidak bertanggung jawab atas cara penggunaan akhir oleh *deployer* atau *end user*.
Penyelenggara Sistem KA	Kontrol terhadap pengaturan input, *prompt*, dan implementasi KA dalam konteks tugas atau layanan tertentu	Bertanggung jawab atas hasil penggunaan KA, termasuk kepatuhan regulasi sektor, mitigasi bias, dan pelindungan pengguna. Tidak memiliki kontrol teknis atas arsitektur model.
Pengguna Akhir	Kontrol sangat terbatas, hanya sebatas input (*prompt*) dan penggunaan hasil output KA.	Bertanggung jawab untuk menggunakan KA secara etis, tidak untuk penipuan, pelanggaran hukum, atau penyebaran disinformasi

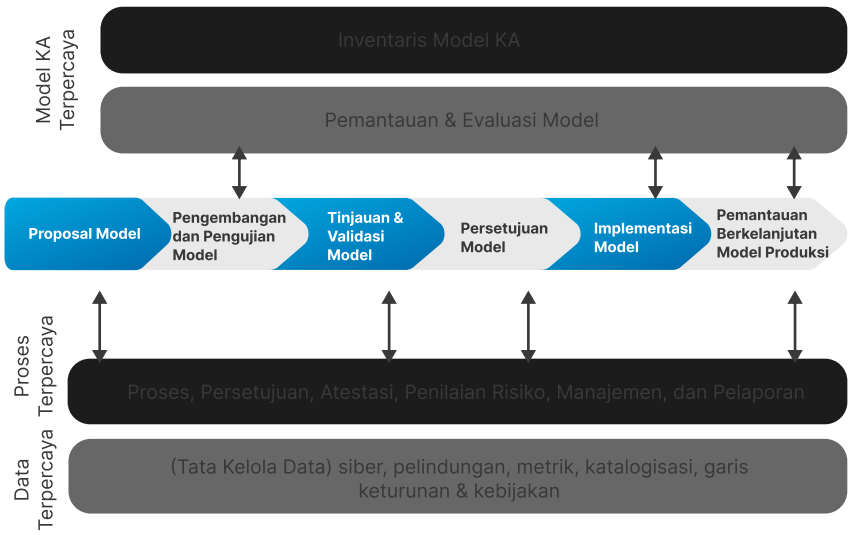
2.2 Siklus Hidup Kecerdasan Artifisial

Sebagai sebuah sistem, KA dikembangkan melalui proses yang dikenal sebagai Siklus Hidup KA. **Siklus hidup ini menjadi penting dalam memastikan perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi KA dilakukan sesuai prosedur, sistematis, beretika, dan bertanggung jawab. Terdapat enam fase utama dalam siklus hidup KA, yaitu konsepsi, pengumpulan data, pra-pemrosesan, dalam-pemrosesan, pasca-pemrosesan (penerapan), dan pengawasan pasca-penerapan (Hasanzadeh et al., 2025).** Fase-fase tersebut tidak selalu berlangsung secara linier, namun seringkali berulang dengan adanya kerentanan fase terhadap bias yang jika tidak diantisipasi dapat mempengaruhi kualitas keadilan, akurasi, dan kesetaraan dalam pemberian layanan KA di berbagai sektor.



Gambar 2.1 Model Siklus Hidup KA dan Bias Umum di Setiap Fase (modifikasi dari Hasanzadeh et al., 2025)

Dengan pendekatan yang menekankan pada upaya mengidentifikasi risiko pada setiap tahapan pengembangan KA, Siklus Hidup KA terdiri atas enam tahapan, yaitu: tahap proposal, pengembangan dan pengujian, penelaahan dan validasi, persetujuan, implementasi, dan pemantauan model KA (Sayles. J, 2024: 85–108) yang diilustrasikan pada Gambar 2.2. Enam tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh proses pengembangan KA terpercaya sehingga menghasilkan model KA yang juga terpercaya. Berdasarkan penilaian risiko pada setiap tahapan pengembangan KA, akan diterapkan sejumlah prinsip-prinsip sebagai upaya untuk memitigasi risiko-risiko yang mungkin terjadi.



Gambar 2.2 Siklus Hidup Pengembangan KA (diadopsi dari Sayles. J (2024))

2.3
Prinsip-Prinsip Tata Kelola Kecerdasan Artifisial

Dalam perkembangannya, KA memiliki sejumlah karakteristik permasalahan yang setidaknya mencakup masalah: *complexity and interconnectivity*; *correlation instead of causation*; *continuous adaptation*; *autonomous behavior*; dan *opacity* (Ebers, 2022). Oleh karena itu, diperlukan kerangka kerja tata kelola KA yang berpijak pada pendekatan *human-centric* dengan menempatkan manusia, apapun kewarganegaraannya, sebagai objek utama. Pendekatan ini memandang KA sebagai bagian dari landasan penting bagi pelaksanaan HAM modern, seperti hak atas privasi, kebebasan berekspresi, kebebasan berpikir, dan kebebasan berserikat (Diebert, 2018). Negara tetap memiliki peran penting, namun sebagai lembaga pendukung yang bertujuan untuk melindungi hak, kebebasan dan kesejahteraan individu.

Dalam konteks KA, pendekatan *human-centric* bertujuan untuk memahami bahasa, emosi, dan perilaku manusia dengan mendorong batasan-batasan solusi KA yang sebelumnya terbatas untuk menjembatani kesenjangan antara mesin dan manusia (Nam, Jung, dan Lee, 2022). KA yang berpusat pada manusia sebenarnya adalah tentang penyelarasan antara manusia yang menggerakkan teknologi, dan manusia yang berada di pusat tempat teknologi tersebut digerakkan (Vallor, 2024). Paradigma ini pula yang mendorong *human-centric*, menjadi dasar Uni Eropa dalam mengembangkan strategi KA mereka, khususnya dalam perumusan kerangka tata kelolanya dengan menekankan pendekatan *human-centric* terhadap KA, yang menghormati nilai-nilai dasar manusia (Nikolinakos, 2023).

HLEG AI Komisi Eropa (2019) menyatakan bahwa: "*Pendekatan yang berpusat pada manusia untuk KA berusaha untuk memastikan bahwa nilai-nilai kemanusiaan merupakan pusat dari cara sistem KA dikembangkan, digunakan, dan dipantau, dengan memastikan penghormatan terhadap hak-hak dasar, ... Hal ini juga mencakup pertimbangan lingkungan alam dan makhluk hidup lainnya yang merupakan bagian dari ekosistem manusia, serta pendekatan berkelanjutan yang memungkinkan berkembangnya generasi masa depan yang akan datang*".

Pendekatan ini memiliki tiga pilar utama:



Selanjutnya, ketiga pilar utama tersebut diturunkan menjadi **tujuh prinsip tata kelola KA y**ang dapat dipercaya (*trustworthy* AI), meliputi: peran manusia dan pengawasan (*human agency and oversight*), ketangguhan teknis dan keamanan (*technical robustness and safety*), privasi dan tata kelola data (*privacy and data governance*), transparansi (*transparency*), keberagaman (*diversity*), non-diskriminasi dan keadilan (*non-discrimination and fairness*), kesejahteraan masyarakat dan lingkungan (*societal and environmental well-being*), dan akuntabilitas (*accountability*).

Tidak hanya Uni Eropa, lembaga-lembaga internasional seperti UNESCO (2022), OECD (2024), ASEAN (2023), G7 (2022), serta sejumlah negara seperti Singapura (2024), dan Jepang (2025), juga telah mengembangkan dan merumuskan prinsip-prinsip tata kelola yang dianggap sesuai dengan kebutuhan masing-masing entitas. Beberapa prinsip utama yang diadopsi secara luas meliputi transparansi, keadilan, akuntabilitas, privasi dan keamanan data, serta keterlibatan dan pengawasan manusia. Namun sebagaimana pada proses perumusan definisi KA,

Indonesia juga memerlukan prinsip-prinsip tata kelola yang disesuaikan dengan kondisi sosial, prioritas nasional, serta kerangka nilai-nilai dasar bangsa. Dengan mempertimbangkan berbagai dokumen yang dirilis secara internasional serta sumber hukum maupun arah pembangunan nasional seperti UU Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi, RPJPN 2025–2045 serta visi Asta Cita menuju Indonesia Emas 2045 yang dijabarkan dalam RPJMN 2025–2029, maka dirumuskan usulan prinsip-prinsip tata kelola KA bagi Indonesia pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Prinsip-Prinsip Tata Kelola KA di Indonesia

No	Strategi	Penjelasan
1	Bermartabat	Mencerminkan sila kedua Pancasila dan Pasal 28G UUD 1945, menegaskan bahwa sistem KA harus menghormati otonomi dan martabat setiap individu, terutama dalam pengambilan keputusan yang berdampak pada kehidupan masyarakat.
2	Keadilan	Keberagaman di Indonesia menuntut sistem KA yang adil untuk mencegah bias. Prinsip ini sejalan dengan sila kelima Pancasila: keadilan sosial bagi seluruh rakyat Indonesia.
3	Akuntabilitas	Dalam konteks meningkatkan kepercayaan publik terhadap institusi, KA perlu memiliki kerangka tanggung jawab yang jelas agar dapat dipertanggungjawabkan dan memberi akses terhadap mekanisme pengaduan.
4	Pelindungan Data Pribadi	Sejalan dengan UU Pelindungan Data Pribadi, prinsip ini memperkuat hak masyarakat atas kontrol terhadap data pribadinya, terutama di tengah gelombang transformasi digital yang pesat di sektor publik maupun swasta.
5	Transparansi	Transparansi penting untuk membangun kepercayaan publik dan pemahaman yang inklusif, apalagi di kondisi tingkat literasi digital yang masih rendah. Keputusan KA harus dapat dijelaskan dengan bahasa dan cara yang mudah dipahami masyarakat.
6	Keamanan	Melindungi masyarakat dan infrastruktur dari risiko atau dampak tak terduga dari KA.
7	Keberlanjutan	Sistem KA yang digunakan tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas secara teknis dan ekonomis, namun juga harus mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan hidup, masyarakat, dan generasi mendatang.
8	Integritas	Menuntut para pengembang dan pengguna KA untuk menjunjung tinggi etika, akurasi, dan kesadaran dampak sosial dalam setiap fase siklus hidup sistem KA.
9	Inklusivitas	Pengembangan KA perlu memperhatikan nilai kesetaraan, keberterimaan bagi seluruh kelompok, termasuk pelindungan bagi kelompok rentan dan minoritas, dalam menghasilkan informasi maupun inovasi untuk kepentingan bersama.
10	Keterlibatan dan pengawasan manusia	Prinsip ini mengharuskan dalam setiap pengambilan keputusan penting pada keseluruhan siklus hidup KA harus tetap tunduk pada tinjauan manusia.

2.4 Risiko Kecerdasan Artifisial

Pengembangan dan pemanfaatan KA menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, inovasi, dan kualitas hidup. Namun, di balik peluang tersebut, terdapat serangkaian risiko yang kompleks dan tidak dapat diabaikan, seiring dengan meningkatnya cakupan dan kedalaman aplikasi potensial dan penggunaan KA yang semakin umum.

Risiko-risiko ini bersifat multidimensi dan melibatkan aspek teknis, sosial, ekonomi, budaya, serta politik, dan berdampak pada berbagai tingkat, mulai dari level individu dan sistem (mikro) hingga level masyarakat dan negara (makro).

Risiko mikro berfokus pada banyak kejadian serupa dengan skala yang lebih kecil bersifat individual, atau berdampak langsung pada orang perorangan.

Risiko makro berkaitan dengan hasil yang jarang terjadi dan memiliki akibat yang lebih parah, yang diciptakan oleh interaksi strategis dari banyak aktor dan melibatkan fenomena agregat (Benoit dkk., 2017).

Risiko teknis seperti bias algoritmik, kegagalan sistem, atau serangan siber berpotensi mengganggu keandalan dan keadilan sistem KA. Kemudian risiko sosial dan struktural seperti ketimpangan digital, pelanggaran hak digital, eksploitasi budaya, dan disinformasi mengarah pada tantangan yang lebih dalam, yakni erosi kepercayaan publik, marginalisasi kelompok rentan, dan bahkan ancaman terhadap kedaulatan data serta nilai-nilai kebangsaan.

2.4.1 Risiko Mikro

Risiko mikro mencakup kerentanan berdampak pada individu secara perseorangan, baik langsung maupun tidak langsung, terjadinya pelanggaran hak-hak warga negara, termasuk pelanggaran terhadap hak atas privasi, rasa aman, kebebasan berekspresi, dan pelindungan dari pengawasan atau kekerasan berbasis teknologi.

(a) Bias Algoritma

Bias merupakan salah satu risiko utama dalam pengembangan KA, terutama karena sistem belajar dari data latih yang mungkin sudah mengandung bias sosial. Bias ini kerap tidak disengaja, tetapi muncul dari pola statistik dalam data yang digunakan untuk pelatihan KA (Johnson, 2021). Sistem KA yang dilatih dengan data bias cenderung mereproduksi hasil yang stereotip dan pada akhirnya memperkuat ketimpangan dalam proses pengambilan keputusan otomatis, sebagai akibat dari data yang tidak representatif, bias struktural dalam parameter desain, atau kekeliruan dalam proses validasi model (*Center for Digital Society*, 2022). Bias ini dapat berimplikasi pada KA sehingga tidak berfungsi sebagaimana seharusnya dan berdampak fatal, seperti malfungsi pada kendaraan otonom atau kesalahan identifikasi wajah yang dapat menyebabkan salah tangkap atau diskriminasi dalam penegakan hukum (Heusser, 2025; Jing, 2025).

(b) Disinformasi

Kemampuan KA generatif dalam menghasilkan konten palsu seperti *deepfake*, telah membuka celah penyalahgunaan. Kasus ini misalnya banyak muncul selama Pemilu 2024, seperti *deepfake* video peserta pemilu yang dibuat dengan teknologi KA secara tidak bertanggung jawab. Masyarakat Anti Fitnah Indonesia (2024) mencatat hoaks yang beredar pada Pemilu 2024 didominasi oleh konten video, berbeda dari Pemilu 2019 yang lebih banyak didominasi gambar. Pergeseran ini menunjukkan peningkatan kemampuan manipulasi berbasis teknologi yang memperumit proses verifikasi.

(c) Pelanggaran Pelindungan Data Pribadi dan Keamanan Data

Pengembangan KA berisiko mengalami pelanggaran pelindungan data pribadi apabila proses pengumpulan data latih dilakukan tanpa persetujuan yang sah dari subjek data pribadi. Selain itu, juga muncul risiko kebocoran data (*data breach*), seperti pada kasus *DeepSeek*, yang mempublikasikan jutaan data sensitif termasuk *Application Programming Interface* (API) *key* dan histori *chat* pengguna, pada Januari 2025. Lebih jauh, kegagalan sistem dalam melindungi data pribadi pengguna dapat terjadi baik karena kelemahan teknis, maupun ketidakpatuhan pada standar pelindungan data pribadi.

(d) Pelanggaran Hak Cipta

Berkembangnya teknologi KA Generatif yang memungkinkan penciptaan konten-konten baru berdasarkan pada beragam data yang tersedia, dengan jenis yang berbeda-beda, seperti foto, suara, video, animasi, dll., telah memunculkan risiko pelanggaran hak cipta atas data yang digunakan sebagai basis penciptaan konten yang baru. Risiko pelanggaran hak cipta dan kekayaan intelektual juga mungkin terjadi dari penggunaan elemen budaya tradisional atau ekspresi artistik lokal sebagai data pelatihan KA tanpa izin atau kompensasi yang adil kepada komunitas asal.

(e) Pembelajaran Pintasan (*Shortcut Learning*)

KA sering kali membuat keputusan dengan mengandalkan fitur yang secara statistik mudah dikenali, tapi mungkin keliru. Model klasifikasi gambar dapat membedakan antara serigala dan husky bukan berdasarkan bentuk fisik hewan, melainkan pada keberadaan salju di latar (Geirhos, 2020). Fenomena ini dikenal sebagai "belajar jalan pintas" yang tidak mencerminkan logika manusia. Akibatnya informasi keputusan yang dihasilkan KA bisa memberikan halusinasi, dan tidak dapat dijelaskan secara logis ataupun menggunakan standar etika yang ada.

(f) Kerentanan Adversarial

KA dapat dimanipulasi melalui data input kecil yang tidak terlihat manusia, namun dapat berimplikasi membingungkan model secara signifikan, karena saling berlawanan satu sama lain (*adversarial*). Gambar panda yang hanya dimodifikasi dengan gangguan visual minor, dapat diklasifikasikan sebagai model hewan siamang, meski perbedaannya tidak kasat mata (Goodfellow et al., 2015). Risiko ini menunjukkan bahwa model rentan terhadap serangan bersifat manipulatif; dan membutuhkan deteksi proporsional untuk menghindari kerentanan *adversarial* yang terjadi berulang. Kerentanan ini termasuk serangan *adversarial* yang ditujukan untuk mengelabui sistem KA, atau penggunaan model KA untuk meluncurkan serangan siber terhadap infrastruktur digital lainnya.

(g) Penipuan KA (*AI Deception*)

KA terjadi ketika sistem dimanipulasi oleh pengguna dengan berbagai strategi seperti: (i) *strategic deception*: KA menyusun strategi penipuan untuk mencapai tujuan; (ii) *sycophancy*: KA memberi jawaban yang ingin didengar pengguna; (iii) *unfaithful reasoning*: KA beralasan tidak jujur untuk membenarkan hasilnya. Studi menemukan bahwa sebagian besar risiko penipuan KA, berasal dari sistem KA itu sendiri (41%), dan kebanyakan muncul setelah sistem diterapkan (62%) (Slattery dkk., 2025), dan metode pelatihan seperti *Reinforcement Learning with Human Feedback* (RLHF) dapat memperbesar kecenderungan KA untuk "berpura-pura" (Park, dkk., 2024).

(h) Risiko Individu Kelompok Rentan (Perempuan, Anak, Penyandang Disabilitas, Lanjut Usia, dan Masyarakat Adat

Individu kelompok rentan, seperti perempuan, anak, penyandang disabilitas, lanjut usia, masyarakat adat, dan kelompok marjinal lainnya, memiliki kerentanan risiko yang tinggi dibandingkan kelompok lainnya. Minimnya pemahaman terhadap cara kerja sistem KA membuat mereka rentan terhadap pengumpulan data tanpa izin, bias algoritma, serta pengaruh berlebihan dari output KA yang dianggap netral (OECD, 2025; Turing Institute, 2024). Khusus terhadap anak-anak, kurangnya kontrol terhadap fitur pelindungan data pribadi, dan lemahnya literasi digital telah memperbesar kemungkinan eksploitasi dan kehilangan otonomi belajar anak-anak secara sehat (ECPAT dkk., 2022). Bagi penyandang disabilitas, banyak sistem KA dirancang tanpa mempertimbangkan aksesibilitas bagi mereka, sehingga menghambat penggunaan dan partisipasi kelompok ini (ICT Watch, 2025). Misalnya, *chatbot* layanan publik yang tidak kompatibel dengan pembaca layar (*screen reader*) dan aplikasi yang tidak menyediakan fitur alternatif untuk input suara bagi pengguna penyandang disabilitas. Desain semacam ini mencerminkan bias dalam proses pengembangan, di mana kebutuhan kelompok disabilitas diabaikan, dan memperkuat kerentanan pelanggaran hak penyandang disabilitas dalam ruang digital sehari-hari.

2.4.2 Risiko Makro

Berbeda dengan risiko mikro yang sifatnya individual dan memiliki dampak langsung pada kehidupan pribadi orang perseorangan, risiko makro mencerminkan dampak sistemik dari penerapan KA terhadap struktur masyarakat, relasi kekuasaan, dan nilai-nilai bersama. Risiko makro ini mencakup juga dampak dari KA terhadap bekerjanya fungsi-fungsi altruistik negara, termasuk fungsi-fungsi yang terkait dengan pelayanan publik untuk pemenuhan kesejahteraan sosial dan ekonomi warga negara. Risiko-risiko makro tersebut meliputi:

(a) Ekonomi dan Keuangan

Berkembangnya KA telah memunculkan banyak peluang sekaligus tantangan bagi dunia kerja, karena KA dianggap dapat menggantikan pekerjaan manusia. Pekerjaan-pekerjaan yang memiliki pola tertentu, bersifat monoton dan rutin potensial digantikan oleh KA. Sebanyak 66% masyarakat Amerika Serikat ingin pemerintah mencegah kehilangan pekerjaan karena KA, dan 46% anak muda menganggap pekerjaan mereka dapat tergantikan oleh KA dalam lima tahun (Ipsos, 2025). Selain itu, KA juga berpotensi menyebabkan pengurangan gaji (*salary reduction*) akibat pengurangan jam kerja yang semakin efisien. Sebagai contoh, sektor keuangan dan asuransi yang terdampak 55,2%, informasi dan komunikasi terdampak 58,1% dan pelayanan perusahaan yang terdampak 53%. Kerentanan ini akan berpengaruh juga kepada kemungkinan penurunan pendapatan rumah tangga, daya beli dan serangkaian kerentanan lainnya jika tidak diantisipasi dengan tepat (Rosalina dkk., 2023).

(b) Kesejahteraan, Kualitas Hidup, dan Kesehatan

Ketergantungan pada KA dapat memicu isolasi sosial, melemahkan keterampilan berpikir kritis, serta memunculkan risiko psikologis dan kehilangan kepercayaan terhadap teknologi. Desain KA yang bias memperburuk diskriminasi dalam akses pendidikan, layanan kesehatan, dan sosial kelompok rentan masyarakat (ICT Watch, 2025). Bahkan kesenjangan akses terhadap teknologi KA, telah memperlebar jurang antara kelompok yang memiliki sumber daya digital dan mereka yang tertinggal, termasuk masyarakat adat, kelompok miskin, dan daerah terpencil. Beberapa risiko yang mungkin terjadi dari penggunaan KA di sektor kesehatan antara lain kerugian pasien akibat kesalahan KA, penyalahgunaan alat KA medis, risiko bias dalam KA medis dan melanggengkan ketidakadilan, kurangnya transparansi, masalah privasi dan keamanan, kesenjangan dalam akuntabilitas KA, dan hambatan dalam implementasi di dunia perawatan kesehatan dunia nyata (Lekadir, dkk., 2022).

(c) Pendidikan dan Budaya

Sejumlah risiko juga mengintai dalam pemanfaatan KA bagi pendidikan, seperti yang diidentifikasi oleh UNESCO (2019), mencakup:

(i) Informasi yang bias dan halusinasi dapat memperkuat kesenjangan sosial yang ada dan melemahkan prinsip-prinsip kesetaraan kesempatan dan keadilan dalam pendidikan;

(ii) Privasi data, ada juga kekhawatiran yang semakin besar mengenai pelindungan data dan privasi. Penggunaan KA di bidang pendidikan mungkin memerlukan pengumpulan dan analisis data pribadi yang sensitif, seperti kinerja akademik dan pola perilaku siswa, oleh karenanya institusi yang menerapkan sistem KA harus memastikan bahwa data yang dikumpulkan digunakan sesuai tujuan dan tidak disalahgunakan atau dibagikan kepada pihak ketiga tanpa izin;

(iii) Perubahan nilai: munculnya KA telah mendorong institusi untuk beralih dari praktik penilaian tradisional dan beralih ke praktik evaluasi holistik yang mengedepankan keaslian dan pembelajaran seumur hidup, yang dapat meningkatkan kualitas penilaian, namun juga dapat mengakibatkan peningkatan beban kerja lembaga pendidikan dalam hal komunikasi dengan staf dan siswanya, penerapan metode penilaian yang berbeda, dokumentasi hasil penilaian, dan sebagainya;

(iv) Pekerjaan: integrasi KA dalam pendidikan tinggi dapat mengakibatkan hilangnya lapangan kerja bagi institusi, sehingga menimbulkan kekhawatiran etika mengenai dampaknya terhadap angkatan kerja akademis.

Dalam konteks budaya, perkembangan KA berisiko memperluas kesenjangan digital dan melemahkan budaya lokal. KA dapat memperkuat bias sosial dan mengganggu norma budaya jika tidak dirancang secara kontekstual (Sari, 2024). Aspek budaya ini juga berkaitan dengan bahasa yang digunakan dalam pengembangan KA. Hanya Bahasa Indonesia yang memiliki representasi cukup untuk pengembangan KA di Indonesia, sementara bahasa daerah dan komunitas adat hampir sepenuhnya tidak terakomodasi. Ketimpangan ini menciptakan eksklusi digital, di mana penutur bahasa lokal tidak memiliki akses yang setara terhadap teknologi KA (*Center for Digital Society*, 2022), baik dalam hal pemanfaatan, kontrol, maupun partisipasi dalam proses desain dan pelatihan model.

Selain risiko-risiko tersebut, penggunaan motif, bahasa, atau ekspresi budaya tradisional sebagai data pelatihan tanpa persetujuan atau manfaat balik kepada komunitas asalnya, yang dapat memperkuat kolonialisme data dan ketimpangan kuasa budaya.

(d) Lingkungan

Menurut *Digital Economy Report* 2024 oleh *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD), pengembangan dan pemanfaatan KA berskala masif, yang membutuhkan pusat data besar, telah memberikan dampak yang besar pula bagi lingkungan. Perangkat elektronik yang ada di dalamnya bergantung pada sejumlah besar bahan mentah, misalnya untuk membuat komputer seberat 2 kg membutuhkan 800 kg bahan mentah. Selain itu, mikrocip yang menggerakkan KA membutuhkan elemen logam tertentu, yang sering ditambang dengan cara yang merusak lingkungan. Pusat data juga kerap menghasilkan limbah elektronik yang mengandung zat berbahaya seperti merkuri dan timbal. Pusat data juga menggunakan air selama konstruksi dan setelah beroperasi, untuk mendinginkan komponen listrik. Secara global, infrastruktur yang terkait dengan KA diprediksi akan mengonsumsi air enam kali lebih banyak daripada konsumsi air negara Denmark, dengan penduduk 6 juta jiwa. Pusat data yang menjadi tempat pengembangan dan beroperasinya KA juga membutuhkan lebih banyak energi, yang sebagian besar masih berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yang menghasilkan gas rumah kaca, yang berdampak pada pemanasan global.

Pelatihan satu model KA kompleks setara emisi karbon lima mobil seumur hidupnya (Strubell, dkk., 2019). Oleh karenanya, tanpa prinsip keberlanjutan, tekanan terhadap penggunaan sumber daya alam akan meningkat dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Daya komputasi yang dibutuhkan untuk melatih model KA generatif memiliki miliaran parameter sehingga dapat menghabiskan listrik dalam jumlah yang sangat besar dan meningkatkan emisi karbon dioksida dan tekanan pada jaringan listrik (Zewe, 2025). Selain kebutuhan listrik, banyak air yang dibutuhkan untuk mendinginkan perangkat keras yang digunakan untuk melatih, menerapkan, dan menyempurnakan model KA generatif, yang dapat membebani pasokan air dan mengganggu ekosistem lokal.

(e) Diskriminasi

Pada bagian risiko mikro telah diuraikan mengenai risiko bias algoritma dari KA, dan secara khusus dampaknya pada kelompok rentan, seperti perempuan, anak, penyandang disabilitas, lansia, dan masyarakat adat. Pada skala yang luas, risiko tersebut dapat berakibat pada munculnya praktik-praktik diskriminasi baru, terutama terhadap kelompok minoritas, rentan, dan marginal. Diskriminasi ini terjadi ketika sistem otomatis berkontribusi pada perlakuan berbeda yang tidak dapat dibenarkan atau berdampak pada perlakuan yang merugikan orang berdasarkan ras, warna kulit, etnis, jenis kelamin, agama, usia, asal kebangsaan, kecacatan, status veteran, informasi genetik, atau klasifikasi lain yang dilindungi oleh hukum. Oleh karenanya, para perancang, pengembang, dan pengguna sistem KA harus mengambil tindakan proaktif dan berkelanjutan untuk melindungi individu dan komunitas dari diskriminasi algoritmik, dan menggunakan serta merancang sistem dengan cara yang adil. Pelindungan ini harus mencakup penilaian kesetaraan proaktif sebagai bagian dari desain sistem; penggunaan data yang representatif dan pelindungan terhadap proksi untuk fitur demografis; memastikan aksesibilitas bagi penyandang disabilitas dalam desain dan pengembangan (Dalton, 2023). Sementara WEF tahun 2025 menyarankan mengenai pentingnya integrasi prinsip kesetaraan dan keberagaman dalam desain teknologi dan kebijakan pengembangan KA.

(f) Menurunnya kepercayaan pada institusi demokrasi

Secara umum KA dapat mengakibatkan kemerosotan kepercayaan pada institusi demokrasi. Menurut Andrea Renda (2019), manipulasi opini publik melalui apa yang disebut *deepfake* dan bentuk-bentuk baru kampanye disinformasi, yang diproduksi melalui KA, telah membuat KA menjadi ancaman bagi demokrasi. Lebih khusus lagi, meskipun dapat diperkirakan bahwa pemeriksaan fakta *real-time* yang didukung oleh KA akan mengurangi kemungkinan narasi politik *post-truth*, kekuatan disinformasi yang diaktifkan oleh KA juga akan meningkat. KA juga telah mengubah cara politisi dan birokrat berkomunikasi dan melakukan pengambilan keputusan. Selain itu, ketika KA digunakan dalam pengambilan keputusan kebijakan atau pelayanan publik tanpa penjelasan atau akuntabilitas yang jelas, masyarakat akan merasa terasing dari proses demokratis. OECD (2021) menyatakan bahwa sistem KA yang tidak dapat dijelaskan menurunkan kepercayaan terhadap institusi karena dianggap tidak adil dan tidak transparan.



Bab 3
Analisis Masalah

3.1
Kondisi Saat Ini

3.2
Benchmark Internasional

3.3
Kondisi yang diharapkan

3.4
Analisis SWOT dan TOWS

Bab ini membahas analisis menyeluruh terhadap permasalahan yang menjadi dasar penyusunan arah kebijakan dan strategi Peta Jalan KA Nasional. Analisis diawali dengan pembahasan kondisi terkini, dilanjutkan dengan tolok ukur internasional sebagai referensi pembanding dari negara lain, dan kondisi yang diharapkan. Untuk mengidentifikasi akar persoalan secara sistematis, dilakukan pula analisis kekuatan dan kelemahan internal dan peluang serta ancaman eksternal melalui pendekatan *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* (SWOT), yang kemudian dirumuskan ke dalam strategi *Threats*, *Opportunities*, *Weaknesses*, *Strengths* (TOWS) guna merancang langkah-langkah strategis tepat sasaran.

3.1 Kondisi Saat Ini

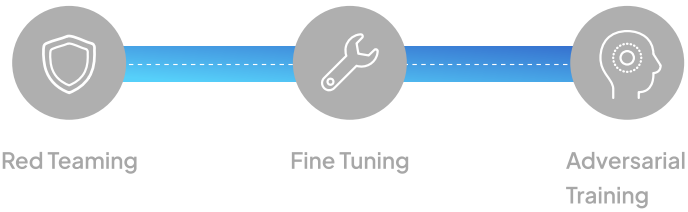
Kondisi saat ini menggambarkan situasi faktual Indonesia yang menjadi bahan penyusunan Peta Jalan KA Nasional. Penelaahan difokuskan sesuai dengan aspek etika, kebijakan, infrastruktur dan data, riset dan inovasi industri, pengembangan talenta, investasi/pembiayaan, dan *use case*.

3.1.1 Etika

Surat Edaran Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 9 Tahun 2023 telah mengatur sembilan nilai etika KA mencakup prinsip inklusivitas, kemanusiaan, keamanan, aksesibilitas, transparansi, kredibilitas dan akuntabilitas, pelindungan data pribadi, pembangunan lingkungan yang berkelanjutan, dan kekayaan intelektual. Adapun praktik baik pengembangan etika sebagai pedoman dalam pemanfaatan KA mulai berkembang di berbagai sektor, seperti sektor pendidikan tinggi, industri media melalui praktik deklarasi untuk konten yang melibatkan KA dalam produksinya, dan praktik penerapan mekanisme uji etik sebelum produk KA diluncurkan ke publik.

Indonesia merupakan negara ASEAN pertama yang menyelesaikan UNESCO-RAM. Hasil asesmen tersebut menunjukkan bahwa sebanyak 75,6% dari organisasi yang disurvei telah menggunakan KA, dimana penguatan prinsip etika melalui tata kelola yang kuat dan bertanggung jawab sangat dibutuhkan, demikian juga dengan hasil penilaian kepercayaan publik kepada KA cukup tinggi dimana sekitar 69,6% masyarakat dan organisasi percaya bahwa KA memberikan hal positif dalam mentransformasi kehidupan sosial.

Perwujudan prinsip etika telah diterapkan dalam berbagai inisiatif pengaturan internal ekosistem industri sebagai bentuk pengaturan mandiri yang mendorong standarisasi proses bisnis. Tidak hanya menganut prinsip *human-in-the-loop* yang merupakan pendekatan yang mengintegrasikan KA dengan keterlibatan manusia dalam proses pengambilan keputusan seperti melibatkan teknik ***Red Teaming, Fine-Tuning, dan Adversarial Training*** **untuk meningkatkan akurasi dan keamanan model KA serta memastikan keputusan tersebut tetap berada di bawah kontrol manusia dan model KA telah diuji serta divalidasi secara komprehensif.**



Di tingkat internasional, pendekatan etika juga tercermin dalam pengembangan standar sukarela seperti ISO/IEC 42005 yang mulai diterapkan pada tahun 2025 oleh badan standar independen seperti ISO. Di tingkat perusahaan, regulasi dan kebijakan industri turut mendorong praktik baik dalam penerapan etika KA, sebagaimana tercermin dalam dokumen dan kebijakan internal para *developer*, *distributor*, dan *deployer* KA. Beberapa praktik tersebut antara lain pembentukan komite etika KA yang meninjau penerapan prinsip etika sebelum dan sesudah peluncuran produk, penerapan *Acceptable Use Policy* (AUP) yang menjelaskan batasan penggunaan KA dan menjadi dasar dalam penyusunan *Master Service Agreement* (MSA) dan *Service Level Agreement* (SLA), serta penyediaan mekanisme pengungkapan interaksi yang memungkinkan pengguna akhir memahami bahwa mereka sedang berinteraksi dengan sistem KA. Meskipun dalam implementasinya KA menawarkan potensi manfaat yang besar, penerapan KA juga membawa sejumlah dampak negatif yang perlu diwaspadai.

Berdasarkan hasil survei pada laporan penilaian kesiapan KA di Indonesia oleh UNESCO pada tahun 2024, diinformasikan bahwa **21,7% dari total responden yang terdiri dari para pemangku kepentingan teknologi informasi di Indonesia memandang bahwa KA menimbulkan risiko privasi dan keamanan data dikarenakan proses adopsinya tidak secara otomatis menyediakan langkah-langkah pelindungan terhadap data yang digunakan. Hal ini mengindikasikan adanya perkembangan kesadaran publik akan pentingnya pelindungan data pribadi dalam penerapan KA.**

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan etika KA di Indonesia adalah **belum konsistennya kepatuhan atas etika KA dan kesadaran akan pentingnya etika KA masih rendah**, baik di kalangan pemerintah, industri, maupun masyarakat umum. Banyak pelaku usaha, terutama UMKM dan startup tahap awal, belum menjadikan etika KA sebagai komponen penting dalam proses pengembangan produk. Laporan industri juga mengungkapkan bahwa meskipun bisnis di Indonesia menunjukkan kesiapan yang kuat dalam mengadopsi KA, kesiapan etis masih tertinggal. Hanya 45% responden yang menyatakan memahami cara menggunakan KA secara etis, dan hanya 24% yang memiliki proses tata kelola KA yang jelas sebagai acuan (IBM, 2025).

Meskipun UU PDP telah disahkan sebagai implementasi dari prinsip transparansi, akuntabel, dan tanggung jawab terkait tata kelola data, proses sosialisasi dan implementasinya masih terbatas.

Banyak pelaku industri, khususnya di sektor teknologi, belum sepenuhnya patuh dalam mengimplementasikan UU PDP dan kerangka regulasi lain yang berlaku seperti UU Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE), terlebih peraturan turunan dari UU tersebut pada saat dokumen ini dibuat, belum dikeluarkan. Disisi lain, pelaku usaha juga belum memahami implikasinya terhadap pengembangan dan penggunaan KA.

Hal lain yang perlu menjadi pertimbangan adalah belum terdapatnya skema insentif yang dapat menjadi faktor pendorong kepatuhan. Ketiadaan tenaga ahli seperti auditor atau inspektur KA yang memiliki kompetensi dalam menilai bias algoritma, *fairness*, dan keamanan sistem, juga berdampak terhadap efektivitas pengawasan terhadap teknologi yang berdampak luas ini. Terakhir, literasi publik terhadap konsep-konsep seperti keadilan algoritmik, transparansi KA, dan hak atas penjelasan (*right to explanation*) masih sangat terbatas. Rendahnya pemahaman ini **berisiko menciptakan kesenjangan** antara percepatan adopsi teknologi dan pelindungan nilai-nilai sosial yang seharusnya menyertainya.

Dalam menghadapi pesatnya perkembangan teknologi KA, Indonesia juga dihadapkan pada berbagai risiko dan ancaman yang berpotensi menghambat adopsi KA yang etis dan inklusif.

Salah satu ancaman utama adalah risiko bias KA yang apabila tidak disadari dan ditangani dengan tepat, dapat menyebabkan risiko makro seperti diskriminasi.

Bias ini muncul ketika data yang digunakan untuk melatih sistem KA tidak representatif atau mengandung prasangka yang ada dalam masyarakat.

Selain itu ancaman utama lainnya adalah penyalahgunaan KA oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab.

Teknologi seperti *deepfake*, *automated disinformation*, dan sistem pengawasan massal (*mass surveillance*) dapat digunakan untuk manipulasi opini publik, merusak integritas proses demokratis, dan menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap institusi.

Fenomena ini tercermin dalam **laporan AFP yang terbit pada 2 Maret 2025**, yang menyoroti bagaimana *deepfake* digunakan secara luas selama kampanye pemilihan presiden di Indonesia.

***Deepfake* menjadi alat utama dalam menyebarkan misinformasi yang berdampak baik positif maupun negatif terhadap para kandidat, termasuk kasus penipuan yang melibatkan video palsu Presiden Prabowo, yang menyesatkan masyarakat secara masif.**

Di sisi lain, kelompok kriminal siber turut memanfaatkan KA untuk meretas sistem, mencuri data, dan menghindari deteksi, sehingga memperbesar risiko terhadap keamanan digital nasional.

Hal ini dapat memicu penurunan kepercayaan publik bahkan resistensi sosial dalam bentuk gerakan anti-KA atau tekanan terhadap pemerintah untuk membatasi inovasi teknologi.

Tanpa transparansi, akuntabilitas, dan partisipasi publik yang memadai, KA berisiko kehilangan legitimasi sosial yang dibutuhkan untuk berkembang secara inklusif dan beretika. Adopsi luas terhadap model KA global dan standar internasional juga membawa tantangan tersendiri dalam memastikan keselarasan dengan nilai-nilai lokal.

Banyak pelaku industri di Indonesia memanfaatkan model-model KA global yang umumnya mengimplementasikan standar teknis dan etika global. Meskipun hal ini mendukung efisiensi dan interoperabilitas, pendekatan tersebut belum tentu selalu sejalan dengan kebutuhan sosial, budaya, dan kebijakan domestik.

3.1.2 Kebijakan

Indonesia memiliki fondasi strategis yang kuat dalam tata kelola KA, mulai dari keberadaan Strategi Nasional KA 2020–2045 sebagai fondasi awal hingga regulasi yang secara spesifik menaungi informasi dan transaksi elektronik dan pelindungan data seperti UU ITE, UU PDP, dan pedoman etika KA. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 (juncto UU Nomor 19 Tahun 2016 dan UU Nomor 1 Tahun 2024) tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE) dan turunannya seperti Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik (PSTE), Peraturan Menteri (PM) Komunikasi dan Informatika Nomor 5 Tahun 2020 tentang Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Privat dan PP Nomor 17 Tahun 2025 tentang Tata Kelola Penyelenggaraan Sistem Elektronik dalam Pelindungan Anak merupakan salah satu kerangka hukum yang relevan untuk tata kelola KA saat ini. UU ITE dan peraturan turunannya mengkategorikan KA sebagai “sistem elektronik” dan “agen elektronik”, sehingga pengelolaannya dapat mengikuti peraturan dalam regulasi ini. Kemudian dengan menekankan pada otomasinya, sistem KA juga dapat disetarakan dengan “agen elektronik”, yang berarti perangkat dari suatu sistem elektronik yang dibuat untuk melakukan suatu tindakan terhadap suatu informasi elektronik tertentu secara otomatis, yang diselenggarakan oleh orang (Djafar, dkk., 2024). Selanjutnya, dalam UU ini, juga telah dijelaskan asas pelaksanaan, yang dapat dijadikan landasan penegakan etika KA, serta adanya tata kelola pertanggungjawaban oleh penyelenggara sistem elektronik.

Pemerintah Indonesia sudah memiliki beberapa kebijakan yang mendukung pengembangan dan pemanfaatan KA di antaranya:

(a) Kebijakan terkait Pengembangan Talenta KA

Pemerintah sudah mulai memasukkan pembelajaran koding dan KA ke dalam kurikulum nasional sesuai PP Nomor 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan, yang kemudian diperkuat melalui Peraturan Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2025 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024 tentang **Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah** (PM Dikdasmen Nomor 13 Tahun 2025)**.** PM Dikdasmen Nomor 13 Tahun 2025 dinilai membawa perubahan signifikan pada kurikulum pendidikan dasar dan menengah dengan memasukkan mata pelajaran pilihan koding dan KA yang akan diterapkan secara bertahap mulai tahun ajaran 2025/2026 untuk jenjang SD/MI, SMP/MTs hingga SMA/SMK/MA. Walaupun kurikulum dasar tidak berubah, penguatan pada konteks teknologi, literasi digital, pemecahan masalah, kesadaran etis dalam penggunaan teknologi menjadi basis dari penyempurnaan regulasi sektor pendidikan ini.

Selain itu, pemerintah telah menetapkan KM Ketenagakerjaan Nomor 299 Tahun 2020 tentang **Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Kategori Informasi dan Komunikasi Golongan Pokok Aktivitas Pemrograman, Konsultasi komputer dan kegiatan yang berhubungan dengan keahlian *Artificial Intelligence* sub bidang *Data Science***. Selanjutnya sudah ditetapkan juga KM Ketenagakerjaan Nomor 123 Tahun 2021 Penetapan SKKNI Bidang Keahlian *Artificial Intelligence* Sub bidang *Knowledge Based System*. Pada tahun 2024, Pemerintah juga telah mengeluarkan Desain Besar Manajemen Talenta Nasional yang fokus pula kepada pengembangan nasional di bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (SDM IPTEK) yang merupakan peneliti, perekayasa, dosen, profesi dan pihak lainnya yang melakukan kegiatan penelitian, pengembangan, pengkajian, dan/atau penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dimana Indonesia memiliki target untuk mencapai 4.500 SDM IPTEK pada tahun 2045.

(b) Kebijakan Pengembangan Infrastruktur Digital

Pemerintah Indonesia telah membentuk kerangka kebijakan digital nasional melalui berbagai regulasi strategis seperti UU Nomor 36 Tahun 1999 tentang Telekomunikasi, PP Nomor 52 Tahun 2000 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi, PP Nomor 46 Tahun 2021 tentang Pos, Telekomunikasi, dan Penyiaran dan aturan turunannya, serta UU Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti UU Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja menjadi UU dan PP Nomor 28 Tahun 2025 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko serta aturan turunannya. Selain itu sudah terdapat Perpres Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) dan Perpres Nomor 132 Tahun 2022 tentang Arsitektur SPBE Nasional mengatur integrasi layanan pemerintah berbasis TIK, mencakup proses bisnis, data, aplikasi, infrastruktur, dan keamanan.

Selain itu terdapat KM Kominfo Nomor 519 Tahun 2024 tentang penyelenggaraan Pusat Data Nasional (PDN) mengatur fasilitas bersama untuk penempatan, penyimpanan, pengolahan, dan pemulihan data bagi Instansi Pusat dan Pemerintah Daerah. Perpres Nomor 82 Tahun 2023 tentang Percepatan Transformasi Digital dan Keterpaduan Layanan Digital Nasional berupa penetapan layanan digital prioritas dan pembentukan INA Digital Indonesia di bawah Peruri. Penguatan koordinasi SPBE juga diatur dalam PM Koordinator Bidang Infrastruktur dan Pembangunan Kewilayahan Nomor 1 Tahun 2025 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik di Kementerian Koordinator Bidang Infrastruktur dan Pembangunan Kewilayahan yang menetapkan tata kelola, audit TIK, dan migrasi ke PDN.

Kebijakan untuk mendorong infrastruktur digital termasuk pemerataan akses internet dan penguatan keamanan siber sangat bersifat penting dalam rangka memastikan ketersediaan, aksesibilitas dan keterjangkauan layanan digital bagi seluruh masyarakat di Indonesia. Terjadinya ketimpangan digital akibat tidak meratanya pembangunan infrastruktur digital khususnya pada wilayah 3T, memperbesar risiko eksklusi terhadap kelompok rentan, seperti penyandang disabilitas, lansia, masyarakat adat, dan anak-anak berkebutuhan khusus.

Tanpa akses internet berkualitas dan dukungan infrastruktur, wilayah-wilayah terpencil tidak akan mampu mengakses potensi KA dalam layanan publik seperti pembelajaran adaptif, telemedisin, atau sistem pendukung keputusan lokal. Akibatnya, teknologi yang seharusnya inklusif justru dapat memperdalam ketimpangan sosial dan memperparah ketertinggalan wilayah yang sudah rentan.

(c) Kebijakan terkait Penguatan Infrastruktur dan Data berbasis Pengadaan Barang dan Jasa untuk Mendukung Pemerintahan Digital

Perpres Nomor 46 Tahun 2025 tentang Perubahan Kedua atas Perpres Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah mengatur pengadaan barang dan jasa pemerintah lebih cepat, transparan, inklusif, dan akuntabel dengan mempertahankan kualitas dan pengawasan. Regulasi ini juga memuat pedoman kerja sama dengan badan usaha serta pengadaan langsung untuk program prioritas dan inisiatif digital, didukung oleh sistem *e-procurement*. Namun, aturan ini belum mencakup standar kualitas, keamanan, integrasi, interoperabilitas dan monitoring-evaluasi untuk produk, dan dampak peningkatan pelayanan publik berbasis infrastruktur KA; termasuk kebutuhan untuk menerapkan klasifikasi data yang ketat dan melibatkan partisipasi publik pada penguatan hak akses informasi terkait pengadaan barang/jasa. Standar tersebut penting untuk mendukung berbagai program strategis, seperti sentralisasi data strategis melalui pembangunan Pusat Data Nasional (PDN), pemanfaatan Pusat data Nasional Sementara (PDNS), transformasi digital layanan publik menggunakan sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE), Digital ID, *Online Single Submission* (OSS) yang menjadi penunjang interoperabilitas data serta memperlancar layanan publik berbasis teknologi informasi, serta peningkatan keamanan siber, termasuk di dalamnya mitigasi risiko (seperti deteksi dini iklim dan bencana, termasuk kebocoran data), guna memastikan kepercayaan publik terhadap pemerintahan digital dan berdampak luas.

Penting kiranya untuk mengharmonisasikan Isu-isu strategis di atas yang saat ini tersebar dalam berbagai regulasi, seperti namun tidak terbatas kepada UU ITE, Perpres Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Penyelenggaraan Berbasis Elektronik, PP Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem Transaksi Elektronik, dan PP Nomor 28 Tahun 2025 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko untuk mencapai tata kelola kebijakan pemerintahan digital yang inklusif, responsif dengan perubahan teknologi KA dan bertanggung jawab.

(d) Kebijakan tentang Tata Kelola Data

UU Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi (UU PDP) menjadi fondasi hukum penting untuk menjamin keamanan data pengguna dalam pengembangan dan implementasi KA. UU ini mengatur pelindungan data pribadi warga negara, termasuk pengumpulan, pemrosesan, dan pengelolaan data. UU PDP mewajibkan penilaian dampak privasi *Data Protection Impact Assessment* (DPIA) untuk pemanfaatan teknologi baru seperti KA yang memiliki risiko tinggi. Beberapa sektor telah melangkah lebih maju dengan menetapkan regulasi teknis, seperti sektor kesehatan melalui UU Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan dan PP Nomor 28 Tahun 2024 tentang Peraturan Pelaksanaan UU Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan, serta sektor keuangan melalui Peraturan Otoritas Jasa Keuangan Nomor 11/POJK.03/2022 dan Peraturan Bank Indonesia Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kebijakan Data dan Informasi Bank Indonesia.

Seluruh regulasi ini telah mengadopsi prinsip-prinsip pelindungan data global, termasuk standar *General Data Protection Regulation* (GDPR) dari Uni Eropa, yang menjadikan kerangka hukum Indonesia semakin sejajar dengan praktik terbaik internasional. Peraturan pelaksanaan dari UU ini belum tersedia, sehingga banyak aspek penting belum diatur secara teknis, seperti lembaga pengawas independen sebagaimana diamanatkan oleh UU PDP, klasifikasi data yang tidak seragam antarsektor, pengumpulan dan interoperabilitas sistem data, standar audit teknologi dan keamanan data, belum matangnya kesiapan infrastruktur digital, hingga lemahnya standar audit teknologi, pengawasan keamanan siber, dan keterbatasan pengukuran kinerja tata kelola data masih menjadi tantangan nyata dalam pemaksimalan implementasi tata kelola data di Indonesia. Belum tersedianya peraturan pelaksana UU tersebut, menciptakan kekosongan institusional yang berdampak langsung terhadap kemampuan sektor-sektor layanan publik dan industri untuk menerapkan prinsip pelindungan data secara menyeluruh (Wahyuni, 2025).

Kondisi ini menyulitkan pengendali data dan pelaku inovasi KA untuk menjalankan kewajiban pelindungan data secara efektif, terlebih di tengah karakter teknologi KA yang kompleks dan terus berubah. Selain itu, regulasi yang ada saat ini masih belum mencakup mekanisme audit teknologi, termasuk audit tata kelola sistem KA, yang seharusnya dapat digunakan untuk mengantisipasi risiko serta meminimalkan dampak negatif terhadap masyarakat.

Dalam lingkup publik, pemerintah memiliki Perpres Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia (SDI), yang didukung oleh PM Kominfo Nomor 1 Tahun 2023 tentang Interoperabilitas Data Dalam Penyelenggaraan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik dan Satu Data Indonesia. Selain itu, beberapa regulasi teknis seperti PM Komdigi Nomor 5 Tahun 2025 tentang Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Publik, PM Komdigi Nomor 6 Tahun 2025 tentang Standar Teknis dan Prosedur Pembangunan dan Pengembangan Aplikasi Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik. Kebijakan ini memperjelas klasifikasi data (terbuka, tertutup, terbatas), peran serta kewajiban para pihak, penguatan kapabilitas aplikasi pemerintah sekaligus mendukung tata kelola data yang transparan dan etis.

(e) Kebijakan terkait Transfer Data Pribadi Lintas Batas

Pemerintah mengatur transfer data pribadi lintas batas melalui UU PDP, yang mewajibkan data hanya dikirim ke negara dengan pelindungan setara atau lebih tinggi, atau atas persetujuan pemilik data. **Aturan sektoral juga telah dimiliki seperti pada sektor kesehatan, layanan perbankan dan keuangan. Namun, aturan teknis terkait mekanisme, standar keamanan, dan pengawasan transfer data belum tersedia secara lengkap.**

Selain itu, Lembaga PDP yang diamanatkan UU sampai saat ini belum terbentuk sehingga tidak dapat melaksanakan tahapan penting untuk menilai pemenuhan persyaratan transfer Data Pribadi ke luar wilayah hukum Negara Republik Indonesia dan menetapkan daftar resmi negara dengan pelindungan setara (*adequate level of protection*), yang diikuti dengan pemenuhan kebutuhan aturan teknis pelaksana dan standar operasional yang belum sepenuhnya tersedia.

Kondisi ini menimbulkan ketidakpastian bagi pelaku usaha dalam menjalankan kewajiban tersebut, termasuk memastikan efektivitas mekanisme audit transfer data lintas batas dan memperluas sosialisasi, pendampingan serta literasi bagi pelaku usaha, termasuk *startup*, UMKM dalam meningkatkan partisipasinya pada transfer data lintas batas.

(f) Pengayaan *Use Case* melalui *Regulatory Sandbox*

***Regulatory Sandbox* memungkinkan pemerintah mengukur dampak inovasi untuk dapat merumuskan model pengawasan dan tata kelola yang tepat, sementara bagi inovator, fleksibilitas *sandbox* memungkinkan mereka melakukan inovasi dengan lebih bertanggung jawab.**

Sektor yang telah menerapkan ini antara lain sektor kesehatan melalui KM Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/1280/2023 tentang Pengembangan Ekosistem Digital Kesehatan Melalui *Regulatory Sandbox*, sektor *fintech* melalui Peraturan BI Nomor 19/12/PBI/2017 tentang Penyelenggaraan Teknologi Finansial, dan Peraturan OJK Nomor 3 tahun 2024 tentang Penyelenggaraan Teknologi Inovasi Teknologi Sektor Keuangan. Namun kebijakan *sandbox* KA masih belum tersedia, sehingga pelaku inovasi KA harus menyesuaikan diri dengan kerangka *sandbox* sektor lain yang belum menjamin kejelasan regulasi dan pelindungan.

Kesenjangan utama adalah absennya regulasi *sandbox* KA, proses evaluasi dan mekanisme keluar yang belum jelas, serta tantangan infrastruktur, keamanan siber, dan pengelolaan data yang belum sepenuhnya teratasi. Dalam konteks *testing, sandbox* KA idealnya harus mampu menyediakan lingkungan terisolasi dan terkontrol untuk menguji keamanan, stabilitas, skalabilitas, serta performa solusi KA secara komprehensif sebelum diimplementasikan ke sistem produksi, sehingga setiap inovasi dapat dievaluasi risiko dan efektivitasnya secara terukur dan proporsional sebelum diluncurkan ke publik, namun unsur *testing* yang terstruktur dan terukur termasuk pendampingan teknis pada prosesnya belum sepenuhnya menjadi bagian dari kebijakan *sandbox* multisektor KA di Indonesia.

(g) Penelitian dan Pengembangan (Riset dan Inovasi)

UU Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi menjadi fondasi yang kuat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk bidang KA. Melalui UU ini, negara menegaskan komitmennya untuk membangun ekosistem riset dan inovasi yang terintegrasi, berkelanjutan, dan berorientasi pada kebutuhan strategis nasional. UU ini mengamanatkan alokasi anggaran negara untuk mendanai riset-riset strategis, dimana dalam **Pasal 32 hingga 34, negara diwajibkan mengalokasikan minimal 1%** dari APBN untuk pendanaan ilmu pengetahuan dan teknologi, memberikan insentif fiskal maupun non fiskal bagi pelaku riset, serta mendukung terbentuknya pusat unggulan IPTEK.

Harmonisasi kebijakan juga belum optimal, khususnya dalam aspek etika, pelindungan data pribadi, dan tata kelola KA. Tantangan ini diperburuk oleh kesenjangan digital dan risiko keamanan data. Tanpa sistem pengadaan yang fleksibel dan mendukung inovasi, ekosistem KA nasional sulit berkembang, dan kolaborasi antara pemerintah, industri, dan akademisi terhambat.

(h) Investasi/Pembiayaan

Mekanisme *Public-Private Partnership* (PPP) di Indonesia untuk pengembangan KA didasarkan pada regulasi Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU) yang diatur dalam Perpres Nomor 38 Tahun 2015 dan peraturan turunannya, namun tetap menghadapi sejumlah kekurangan utama seperti tumpang tindih regulasi, prosedur birokrasi yang rumit, serta ketidakjelasan status aset dan pelindungan risiko bagi pihak swasta. **Regulasi ini juga masih terbatas pada penyediaan infrastruktur, dengan insentif fiskal yang minim dan belum konsisten sehingga belum optimal mendorong investasi swasta. Selain itu, belum terdapat sumber pendanaan pemerintah yang didedikasikan untuk program prioritas KA, sehingga ekosistem investasi dan inovasi KA terhambat oleh ketidakjelasan insentif dan tantangan implementasi kolaborasi PPP/KPBU yang efektif dan inovatif.**

Percepatan pengembangan ekosistem KA di Indonesia juga terbentur oleh kurangnya harmonisasi kebijakan lintas K/L yang menimbulkan tumpang tindih, lemahnya sistem pengawasan, dan kurang integrasi kebijakan sehingga berpotensi terjadi pemborosan sumber daya dan duplikasi investasi yang tidak tepat sasaran.

Ketiadaan kerangka orkestrasi nasional mengakibatkan fragmentasi inisiatif dan rendahnya pemanfaatan dari fasilitas pendukung. Selain itu, belum adanya regulasi eksplisit yang mengatur tentang bagaimana data dikumpulkan dan dikelola untuk pelatihan KA, termasuk menimbulkan kekosongan hukum, utamanya terkait pelindungan data sensitif.

3.1.3 Infrastruktur dan Data

Indonesia mencatat peningkatan peringkat



Realisasi investasi di sektor TIK mencapai Rp1.714 triliun pada 2024. Nilai pasar teknologi digital dan infrastruktur pusat data swasta juga menunjukkan pertumbuhan signifikan, mencapai :

$3,7miliar

(Rp57,7 triliun)

Dengan investasi langsung sebesar

$634 juta

(Rp9,8 triliun)

Menandakan tingginya minat dan kepercayaan sektor swasta.

World Competitiveness Report 2024

Beberapa poin penting terkait kondisi saat ini pada infrastruktur dan ekosistem data di Indonesia dapat dijelaskan dari aspek konektivitas jaringan telekomunikasi dan internet, ketersediaan pusat data dan *cloud*, interoperabilitas, tata kelola data, keamanan siber, serta insiden kebocoran data pribadi.

Dalam memenuhi kebutuhan akan konektivitas jaringan telekomunikasi dan internet di Indonesia, penyelenggara jaringan telekomunikasi dan/atau jasa telekomunikasi telah berupaya untuk melakukan pembangunan dan penyediaan layanan pita lebar (*broadband*) baik pada level jaringan *backbone, middle mile*, dan *last mile* serta didukung oleh strategi pembangunan/penyediaan layanan telekomunikasi oleh Pemerintah dalam rangka mendorong pemerataan infrastruktur dan akses internet di wilayah tertinggal, terdepan, dan terluar (3T).

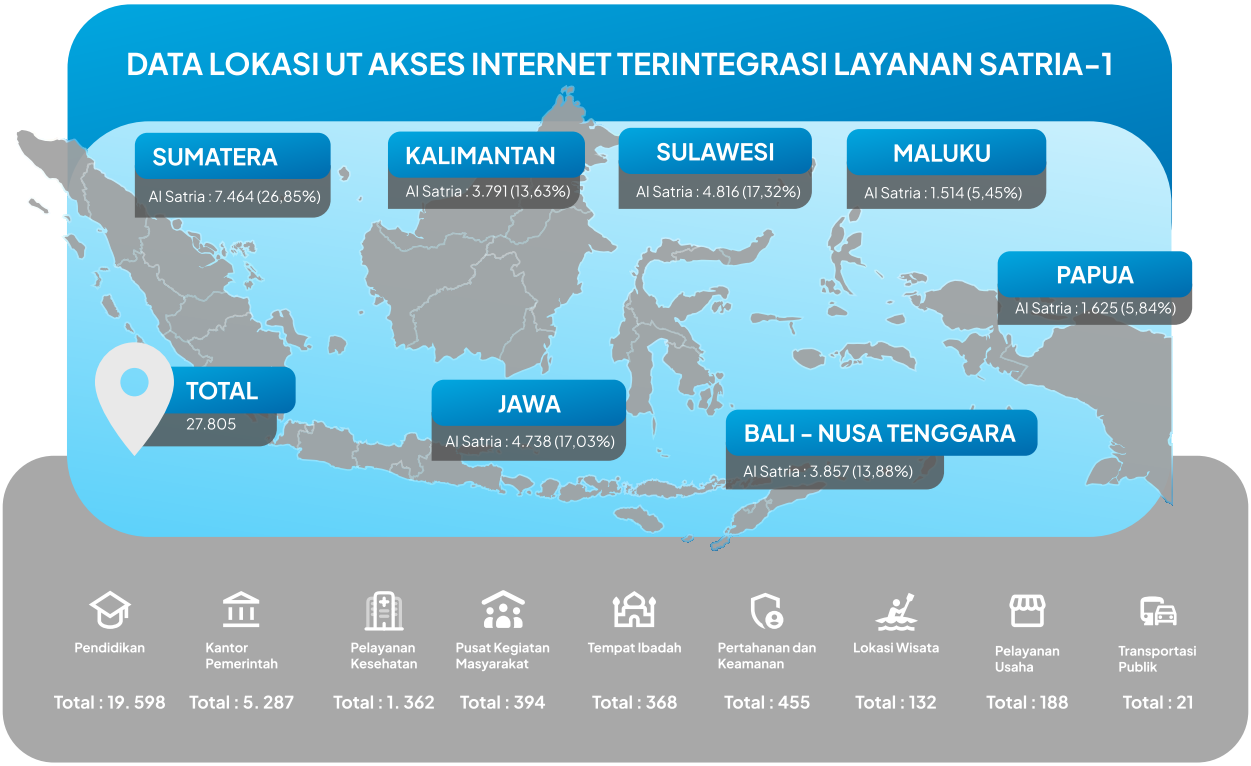
Berdasarkan data capaian pembangunan/penyediaan layanan telekomunikasi dari Kementerian Komunikasi dan Digital pada 2024, dari sisi penyediaan akses *broadband* oleh penyelenggara telekomunikasi, layanan akses *mobile broadband* dengan teknologi 4G/LTE sudah menjangkau 97,16% luas pemukiman, berbeda dengan jangkauan dengan teknologi 5G yang saat ini masih rendah (2,49% luas pemukiman) karena masih terbatas di beberapa kota besar dan area tertentu. Sementara jangkauan akses *fixed broadband* masih rendah dimana sebaran *Optical Distribution Point* (ODP) baru menjangkau 68,49% kecamatan dengan tingkat penetrasi *fixed broadband* mencapai 21% berdasarkan total rumah tangga (GSMA, 2024).

Adapun dari sisi penyediaan *backbone* dan akses *broadband* oleh Pemerintah melalui Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi (BAKTI), saat ini sudah tersedia *backbone* fiber optik Palapa Ring sepanjang 12.229 km, satelit nasional *High Throughput Satellite* (HTS) Satria 1 dengan kapasitas 150 Gbps yang pada fase *startup* telah menjangkau seluruh wilayah Indonesia dengan target *Service Level Agreement* (SLA) sebesar 99,5%. BAKTI juga telah menyediakan BTS 4G *Universal Service Obligation* (USO) serta memfasilitasi akses internet dengan layanan publik.

Data lebih rinci menunjukkan bahwa hingga akhir 2023, pembangunan BTS 4G di wilayah 3T telah mencakup 7.300 lokasi (1.682 BTS USO dan 5.618 BTS baru), dengan 4.990 BTS di antaranya telah beroperasi dan sisanya dalam tahap penyelesaian akibat kendala geografis ekstrem. Selain itu, akses internet publik gratis telah disediakan di 14.441 lokasi layanan masyarakat dan meningkat menjadi lebih dari 27.000 lokasi terhubung melalui SATRIA-1 pada pertengahan 2025.



Gambar 3.1 Peta Sebaran BTS 4G dan USO



Gambar 3.2 Data Lokasi *User Terminal* (UT) Akses Internet Terintegrasi Layanan SATRIA-1

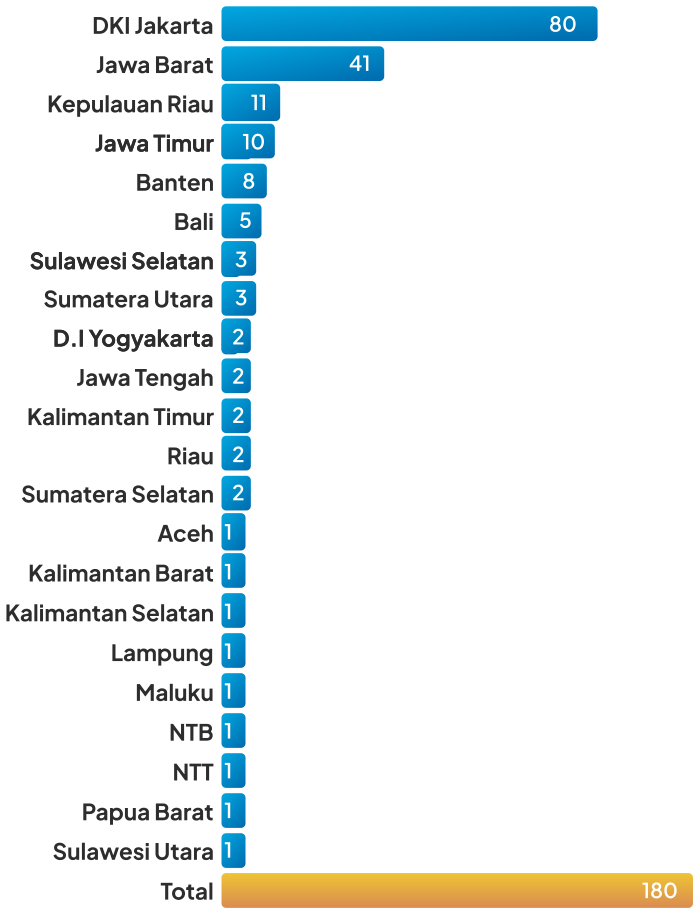
Adapun secara kualitas layanan *mobile broadband* memiliki rata-rata kecepatan: *download* sebesar 48,84 Mbps dan *upload* sebesar 21,90 Mbps, sedangkan layanan *fixed broadband* memiliki rata-rata kecepatan: *download* sebesar 52,52 Mbps dan *upload* sebesar 43,45 Mbps (Komdigi, 2024).

Apabila dibandingkan dengan pengukuran *Speedtest Global Index* (Oktober 2024), kecepatan akses internet rata-rata Indonesia hanya 29,34 Mbps, lebih rendah dibanding negara-negara tetangga seperti Malaysia (97,45 Mbps) dan Thailand (135,59 Mbps).

Kondisi ini diperburuk oleh rendahnya penetrasi jaringan *broadband* di wilayah luar Jawa, yang menyebabkan kesenjangan dalam akses terhadap layanan dan riset berbasis KA, terutama di wilayah 3T dan memperdalam kesenjangan digital nasional. Meskipun proyek nasional Palapa Ring II telah rampung untuk memperluas jaringan tulang punggung digital, tingkat penetrasi *broadband* rumah tangga Indonesia yang masih rendah menunjukkan masih rendahnya adopsi jaringan tetap yang penting bagi layanan stabil dan berkecepatan tinggi, terutama untuk pengembangan KA dan pemrosesan data besar secara lokal. Tantangan ini juga didorong oleh lambatnya adopsi teknologi efisien energi dan *cloud* KA, khususnya di sektor publik yang juga akan makin sulit diakses oleh pengguna di daerah dengan konektivitas rendah dapat menghambat tercapainya efisiensi layanan digital. Selain itu, kurangnya kebijakan insentif dan infrastruktur pendukung di wilayah tersebut membuat investasi dan adopsi KA sulit berkembang secara merata.

Dari sisi ketersediaan pusat data dan *cloud*, menurut data pada tahun 2021[2], terdapat 180 pusat data (*data center*) milik swasta di Indonesia dengan berbagai tingkat Strata I hingga Strata IV menurut Standar Nasional Indonesia SNI:8799 (Jununx, 2021; *Data Center Map*, 2025).

Pusat data ini ada di berbagai wilayah di Indonesia namun secara garis besar masih terkonsentrasi di pulau Jawa, sebaran pusat data berdasarkan provinsi adalah **sebagaimana pada Gambar 3.3 berikut**:



Gambar 3.3 Jumlah Pusat Data di Indonesia

[2]Sumber: Data olahan dari https://www.jununx.com/2021/02/data-center-di-indonesia.html dan https://www.datacentermap.com/indonesia/

Kapasitas pusat data Indonesia saat ini sebesar 430MW atau 1,5 Watt per Kapita. Kapasitas 430 MW tersebut tersebar di 377 MW di wilayah Jakarta & sekitarnya (Greater Jakarta), 22 MW di wilayah Batam, dan 31 MW di luar Jakarta dan Batam. Apabila mengacu pada standar kapasitas pusat data per kapita di Jepang sebesar 10 Watt, maka idealnya Indonesia membutuhkan kapasitas sebesar 2.800 MW (Cushman & Wakefield. (2022).

Tren investasi menunjukkan peningkatan ketersediaan GPU untuk kebutuhan KA nasional. Menurut informasi dari NVIDIA, hingga pertengahan tahun 2025 telah terdistribusi sekitar 13.000 unit GPU kelas H100 atau setara di Indonesia. GPU tersebut tersebar di berbagai pelaku industri seperti penyedia layanan *cloud* dan *data center*, perusahaan telekomunikasi, *startup* KA, serta lembaga riset. Estimasi total kapasitas GPU nasional saat ini berkisar antara 11.000 hingga 14.800 unit. Lonjakan ini turut didorong oleh faktor eksternal seperti moratorium pembangunan pusat data di Singapura, yang menjadikan Indonesia, khususnya wilayah seperti Batam, sebagai lokasi alternatif strategis untuk pengembangan *data center* KA berkelas dunia.



Gambar 3.4 Kapasitas Pusat Data Indonesia dalam Watt per Kapita (IDPRO, 2025)

Indonesia memiliki Pusat Data Nasional (PDN) dengan fungsi Kementerian Komunikasi dan Digital selaku koordinator dan regulator. Saat ini PDN memiliki kapasitas prosesor inti 25.000 dengan kapasitas memori 200 terabita dan ruang penyimpanan 40 petabita dengan daya listrik 5,2 MW dan perangkat kelistrikan yang dimiliki bisa digunakan hingga daya listrik 20 MW. Menilik dari sisi penyedia platform komputasi awan, pasar layanan *cloud computing* di Indonesia saat ini hampir sepenuhnya dimiliki oleh perusahaan teknologi global, baik dalam hal platform, penyediaan GPU, maupun infrastruktur server yang digunakan.

Indonesia yang saat ini masih dalam fase pengembangan ekosistem KA, telah membangun kemitraan dengan perusahaan teknologi global, yang dapat membuka peluang untuk mekanisme transfer pengetahuan, kolaborasi inovasi, dan alih teknologi secara berkelanjutan.

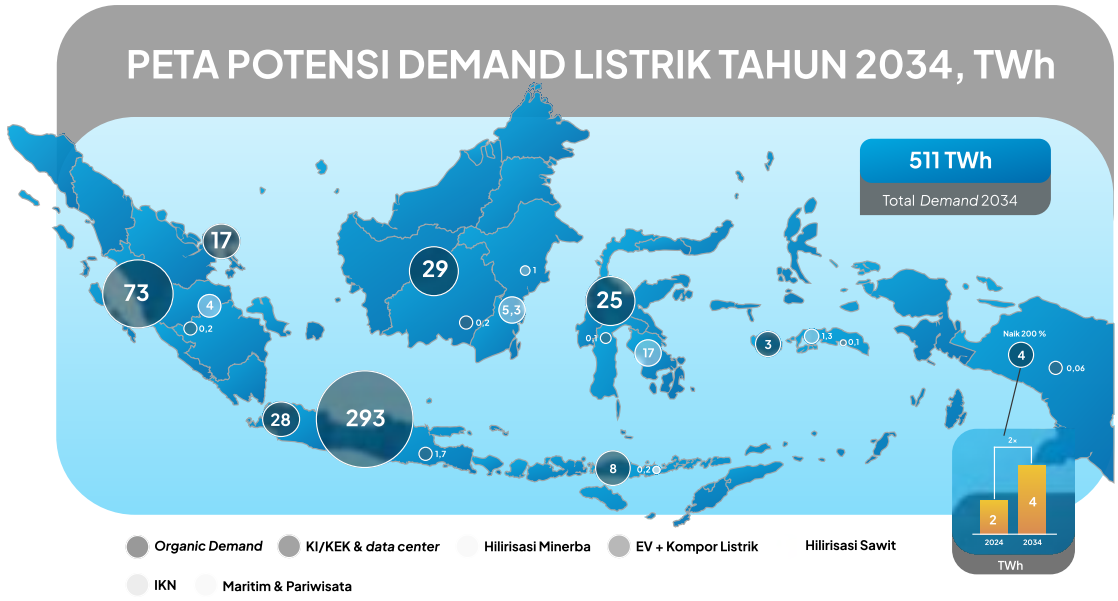
Secara keseluruhan, pusat data dan sistem KA memerlukan dukungan fisik yang besar dengan dukungan konektivitas jaringan telekomunikasi, lahan dan air untuk pendingin.

Pengoperasian pusat data berskala besar menyumbang beban energi tinggi dan lonjakan emisi karbon, terutama jika masih bergantung pada energi fosil.

Untuk menjawab tantangan ini, berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional pada Perpres Nomor 22 Tahun 2017, Pemerintah telah menyusun peta jalan penambahan kapasitas energi listrik nasional, di mana lebih dari 50% kapasitas pembangkit baru hingga tahun 2030 ditargetkan berasal dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Komitmen ini berlanjut hingga 2040 dengan rencana penambahan sekitar 66 GW pembangkit EBT. Pemerintah juga turut merancang pembangunan *Green Enabling Super Grid* sebagai solusi distribusi cerdas guna menyalurkan energi dari sumber EBT, yang umumnya tersebar di wilayah terpencil, ke pusat-pusat permintaan energi tinggi.

Kebijakan moratorium pembangkit batubara baru serta konversi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ke EBT juga sedang digalakkan sebagai bagian dari strategi jangka panjang. Ketika pengembangan infrastruktur tidak dibarengi dengan transisi ke energi hijau, maka akan terjadi konflik dengan komitmen *Nationally Determined Contributions* (NDC) dalam agenda iklim global.

Keterlambatan dalam mengadopsi teknologi efisien energi juga berpotensi membuat infrastruktur KA Indonesia tidak kompetitif secara global. Belum adanya skema insentif energi hijau untuk infrastruktur KA memperburuk daya saing jangka panjang.



Gambar 3.5 Peta Potensi *Demand* Listrik Tahun 2034

Tantangan lainnya adalah pemeliharaan infrastruktur fisik pusat data yang juga rawan terhadap bencana alam dan buatan, pembangunan dan/atau penggelaran infrastruktur TIK memerlukan mekanisme persetujuan lintas Kementerian/ Lembaga (K/L) yang menyebabkan proses panjang dan kompleks.

Ketidakefisienan birokrasi ini **menghambat ekspansi jaringan di wilayah strategis, serta memperlambat kesiapan teknologi nasional untuk mengembangkan infrastruktur KA dan pusat data yang terdesentralisasi**. Selain tantangan yang bersifat teknis, **saat ini belum tersedia data yang memetakan kebutuhan spesifik talenta untuk bidang-bidang kritikal seperti *data center operation, cloud security*, dan AI *infrastructure management***.

Dari sisi interoperabilitas dan tata kelola data, ada beberapa inisiatif yang saat ini sudah berjalan di Indonesia melalui program Satu Data Indonesia (SDI) dan Interoperabilitas SPBE. Platform SDI saat ini masih dalam proses penguatan interoperabilitas antar Kementerian/ Lembaga. Integrasi data antar sektor untuk menunjang pelayanan publik mengalami kemajuan pesat dibandingkan tahun sebelumnya.

Dari total 84 K/L di tingkat pusat, 38 provinsi, dan 514 Kabupaten/Kota di Indonesia,

inisiatif SDI telah berhasil mengintegrasikan data dari 70 K/L pusat, 31 provinsi, dan 264 kabupaten/kota (Megantari, 2025). Capaian ini mencakup lebih dari 250.000 *dataset* yang kini tersedia melalui portal resmi SDI.

Data strategis tersebar di lebih dari 20 K/L, namun hambatan struktural dan perbedaan standar data menghambat integrasi dan pertukaran data yang efektif.

Selain itu, banyak K/L masih mengembangkan sistem dan kebijakan digital secara terpisah (silo) mencerminkan rendahnya aktivitas bagi-pakai data, menyebabkan tumpang tindih kebijakan, duplikasi sistem, dan tidak sinkronnya arsitektur data. Hal ini menghambat integrasi lintas sektor dan mengurangi efektivitas inisiatif nasional seperti SDI.

Tata kelola data juga didukung oleh implementasi interoperabilitas SPBE melalui Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 519 Tahun 2024 ('Kepmen No 519/2024). Berdasarkan Kepmen tersebut yang dimaksud "Pusat Data Nasional" adalah "ekosistem Pusat Data yang terdiri dari Pusat Data yang diselenggarakan oleh Menteri Komunikasi dan Informatika dan Pusat Data Instansi Pusat dan Pemerintah Daerah yang memenuhi persyaratan tertentu, serta layanan Komputasi Awan Pihak Ketiga yang digunakan oleh Instansi Pusat dan Pemerintah Daerah untuk memberikan layanan SPBE, yang saling terhubung dan berbagi pakai" sehingga potensi pengembangan KA yang berasal dari kapabilitas komputasi awan non-pemerintah tetap memiliki potensi untuk menguatkan SPBE. Kepmen tersebut kemudian diperkuat dengan adanya sistem pengklasifikasian data telah diatur dalam Peraturan Menteri Komdigi No 5 Tahun 2025 tentang Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Publik dengan adanya klasifikasi data berupa data tertutup, terbuka, dan terbatas. Adapun pengklasifikasian data dikembalikan ke kementerian masing-masing sesuai dengan risikonya.

Tabel 3.1 Klasifikasi Data sesuai PM Komdigi Nomor 5 Tahun 2025

Tipe Data	Deskripsi	Level Risiko	Pengelolaan Data
Data Terbuka	Data yang diperbolehkan untuk diketahui publik	Rendah (Pasal 64 ayat 1 huruf a dan ayat 2)	Pengelolaan, pemrosesan, dan/atau penyimpanan Data Elektronik terbuka dan terbatas sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf a dilakukan di Pusat Data nasional yang terdiri atas: 1. layanan fasilitas Pusat Data pemerintah; 2. layanan Komputasi Awan pemerintah; dan 3. layanan pihak ketiga yang terlibat dalam penyelenggaraan Pusat Data nasional sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.
Data Terbatas	Data yang hanya dapat diakses oleh kementerian/ lembaga yang diberikan akses oleh Walidata	Sedang (Pasal 64 ayat 1 huruf b dan ayat 3)	
Data Tertutup	Data yang hanya dapat diakses oleh pejabat berwenang di instansi tertentu	Tinggi (Pasal 64 ayat 1 huruf c dan ayat 4)	Pengelolaan, pemrosesan, dan/atau penyimpanan Data Elektronik tertutup sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf b dilakukan di: 1. layanan fasilitas Pusat Data pemerintah; atau 2. wadah penyimpanan yang ditempatkan di pusat komputasi Instansi.

Selain itu, dalam Presidensi G20 tahun 2022, Indonesia mengusung prinsip *Data Free Flow with Trust* (DFFT) sebagai pijakan utama dalam mendorong aliran data lintas batas negara yang transparan, sah, dan adil.

Prinsip ini menekankan **pentingnya tata kelola data yang mampu membangun kepercayaan antarnegara**. Sejalan dengan agenda tersebut, **inisiatif SDI perlu memperluas cakupan di luar lingkup instansi pemerintah**. **Peran SDI semakin strategis dalam mendukung proses aksesi Indonesia ke OECD melalui kontribusinya dalam membangun tata kelola *open data* yang terbuka dan kredibel**.

Secara keseluruhan, tantangan utama dalam interoperabilitas dan tata kelola data berkaitan dengan ketersediaan data yang tidak terstruktur, tidak terstandarisasi, serta berkualitas rendah, sehingga menghambat dalam pengembangan KA. Fragmentasi data antarinstansi dan kurangnya interoperabilitas membuat model KA sulit dikembangkan secara akurat dan dapat digunakan lintas sektor. ***Dataset* yang tidak representatif terhadap konteks lokal menimbulkan risiko bias algoritmik dan ketidaksesuaian, sehingga hasil yang dihasilkan oleh sistem KA tidak relevan dengan kebutuhan masyarakat Indonesia**. Ketidakhadiran mekanisme kurasi dan katalogisasi *dataset* publik secara nasional memperburuk permasalahan ini.

Berdasarkan data lanskap keamanan siber Indonesia 2024 dari BSSN, Indonesia merupakan negara dengan sumber anomali trafik tertinggi dan mengalami peningkatan anomali trafik dengan trafik terbesar berasal dari aktivitas Mirai Malware. Adapun dalam *Cisco Digital Readiness Index* 2024, Indonesia masuk dalam kategori tertinggal (*laggards*) untuk kesiapan menghadapi serangan siber, khususnya terhadap sistem KA.

Secara keseluruhan ancaman terhadap PDN, Pusat Data Nasional Sementara, jaringan pemerintahan, dan layanan berbasis KA semakin meningkat, baik dari serangan siber berskala besar maupun risiko bencana alam seperti gempa bumi dan banjir. Belum adanya rencana pemulihan bencana nasional yang komprehensif memperbesar potensi lumpuhnya sistem digital nasional secara serentak.

Dalam skenario terburuk, kebocoran data nasional dan pencurian identitas digital bisa menurunkan kepercayaan publik dan merusak legitimasi negara dalam pengelolaan ekosistem KA.

Sementara itu, **cadangan sistem (redundansi) dan pemulihan darurat masih sangat terbatas dan belum diuji secara reguler**. Kelemahan infrastruktur, lemahnya koordinasi antarinstitusi, dan kurangnya kesiapan pelaku usaha nasional dalam mitigasi risiko siber memperbesar potensi ancaman terhadap privasi, data publik, dan keamanan layanan digital.

3.1.4 Riset dan Inovasi Industri

Perkembangan riset dan inovasi industri KA di Indonesia mulai menunjukan kemajuan, tercermin dari produktivitas publikasi ilmiah lebih dari 16.000 publikasi dengan afiliasi perguruan tinggi di Indonesia pada Scopus dengan kata kunci *artificial intelligence*, *machine learning* atau *deep learning* sampai dengan Juli 2025 yang terdiri dari jurnal ilmiah, hasil konferensi, bagian buku, *review* dan data publikasi.

Capaian ini menempatkan Indonesia di peringkat 27 dunia dan ketiga di Asia Tenggara setelah Singapura dan Malaysia. (Scopus, 2025).

Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) sebagai lembaga pelaksana riset nasional tunggal telah melaksanakan berbagai kegiatan riset KA, termasuk mengembangkan ekosistem inovasi dengan kolaborasi antarlembaga riset, pemerintah dan swasta.

Peran BRIN diperkuat dengan fokus Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) dalam membina talenta di perguruan tinggi dan menstimulasi kolaborasi riset dan inovasi sains dan teknologi dengan dunia industri seperti pada Program Kedaireka.

Sejalan dengan itu, mulai bermunculan perusahaan rintisan KA lokal disertai dengan hadirnya forum kolaboratif untuk inovasi secara terbuka, seperti Kolaborasi Riset dan Inovasi Industri Kecerdasan Artifisial Indonesia (KORIKA), yang menjembatani pemangku kepentingan lintas sektoral. Perkembangan pesat ekosistem perusahaan rintisan KA didorong oleh tingginya permintaan dari sektor keuangan dan *e-commerce.*

Survei menunjukkan bahwa 62% perusahaan telah memulai uji coba penerapan *use case* KA dan 23% telah mulai mengadopsi KA secara luas di perusahaannya (Advisia Group, 2024), demikian halnya pada 42% kegiatan UMKM secara daring (Lazada, 2025) mencerminkan kesiapan pasar dan potensi transformasi digital yang besar. Secara ekonomi, Indonesia mencatatkan diri sebagai negara dengan ekonomi digital terbesar di kawasan ASEAN, dengan *Gross Merchandise Value* (GMV) mencapai 90 miliar dolar AS pada tahun 2024 dan diproyeksikan melonjak menjadi 360 miliar dolar AS pada tahun 2030 (Google, Temasek, Bain & Company, 2024). *E-commerce* menjadi penggerak utama sekaligus membuka peluang luas untuk penerapan dan komersialisasi solusi KA. Namun, masih terdapat berbagai kesenjangan dalam lanskap riset dan inovasi yang menjadi tantangan untuk memenuhi kebutuhan industri nasional.

Salah satu kesenjangan paling mendasar dalam pengembangan KA di Indonesia adalah terbatasnya pendanaan untuk riset dan inovasi. Alokasi belanja riset nasional hanya berkisar 0,2% dari Produk Domestik Bruto (PDB), jauh di bawah rata-rata global sebesar 2% PDB (*World Bank*, 2020). Total pendanaan riset KA pada Organisasi Riset Elektronika dan Informatika BRIN periode 2023–2025 tercatat hanya sebesar Rp108 miliar (BRIN, 2025). Proporsi ini menempatkan Indonesia pada posisi yang relatif tertinggal, bahkan di antara negara-negara kawasan Asia Tenggara.

Laporan UNESCO tahun 2024 menegaskan bahwa keterbatasan anggaran riset menghambat kemampuan institusi pendidikan tinggi dan lembaga penelitian untuk mengembangkan kapasitas riset unggulan di bidang KA.

Dalam rekomendasinya UNESCO menekankan pentingnya konsolidasi agenda riset dan koordinasi kemitraan publik dan swasta untuk memaksimalkan keterbatasan anggaran dan meningkatkan kontribusi dari industri.

Ketiadaan skema pendanaan khusus untuk riset KA nasional, baik dalam skema yang dijalankan oleh BRIN dan Kemdiktisaintek, menunjukkan perlunya investasi jangka panjang yang mencakup riset dasar, pengujian, hingga pembangunan sistem. Keterbatasan tersebut tidak hanya berdampak pada jumlah penelitian, tetapi juga pada keberlanjutan program inovasi, kemitraan riset dengan industri, dan pengembangan teknologi lokal yang kompetitif.

AI *Readiness Index* 2024 dari *Oxford Insights* menempatkan Indonesia pada peringkat ke-38 secara global, dengan skor yang rendah pada pilar teknologi, data, dan infrastruktur, dibandingkan dengan pilar tata kelola yang lebih unggul (Oxford Insights, 2024).

Ketimpangan ini menunjukkan bahwa aspek infrastruktur belum mendapatkan perhatian dalam pengembangan riset dan inovasi KA nasional. Ketergantungan pada satu infrastruktur teknologi dapat membatasi fleksibilitas dan inovasi organisasi, menciptakan risiko *vendor lock-in* yang akhirnya menghambat kemampuan perusahaan dalam mengembangkan adopsi KA (Hutchinson, 2024; Umar, 2025). Kesenjangan lain muncul dari infrastruktur fisik dan digital pendukung riset KA yang masih terbatas.

BRIN telah menyelenggarakan akses terhadap *High Performance Computing* (HPC) Mahameru untuk kepentingan riset bersama (BRIN, 2024). Sebagian perguruan tinggi juga telah memiliki fasilitas komputasi yang dikelola secara mandiri (Kemkomdigi, 2025). Meski demikian, akses terhadap infrastruktur komputasi dan data riset belum merata sehingga sebagian perguruan tinggi, lembaga riset dan pelaku industri masih menghadapi kesulitan untuk mendapatkan kapasitas komputasi dan data yang memadai untuk melatih model KA secara efisien dan aman.

81,25% perusahaan Indonesia menganggap kualitas dan ketersediaan data sebagai hambatan dalam keberhasilan penerapan KA (ASEAN *Business Innovation Platform*, 2025), meskipun sudah terdapat platform SDI yang mengintegrasikan *dataset* pemerintah. Keterbatasan ini dapat menghambat kolaborasi nasional dan pemanfaatan *big data* untuk sektor-sektor strategis seperti kesehatan, pertanian, dan pendidikan.

Selain itu, distribusi kegiatan riset KA masih terkonsentrasi di Pulau Jawa. 13 dari 15 perguruan tinggi teratas dalam peringkat nasional EduRank tahun 2024 yang memiliki pusat riset atau jurusan KA berada di pulau Jawa (Kemdiktisaintek, 2025). Demikian pula 15 dari 21 *Science-Technology Park* berada di pulau Jawa (Asosiasi *Science dan Techno Park* Indonesia, 2025). Ketimpangan kapasitas riset ini membatasi potensi inovasi pengembangan *use case* KA yang merata dan inklusif di seluruh Indonesia.

Fragmentasi kolaborasi riset KA juga menjadi tantangan, dengan koordinasi *quadruple-helix* antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat yang belum terintegrasi secara berkelanjutan. Tantangan ini diikuti dengan belum optimalnya pemahaman dan penerapan etika dalam riset dan inovasi KA, baik di perguruan tinggi dan perusahaan swasta, sehingga minat yang tinggi terhadap teknologi KA belum diimbangi dengan adopsi yang inklusif dan dapat dipercaya oleh masyarakat luas (Kemkomdigi, 2025; IBM, 2025).

Hingga kini belum ada orkestrator tunggal yang memimpin kolaborasi riset KA lintas sektor. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan antara riset akademik yang dilakukan dengan kebutuhan industri, sehingga pemanfaatan hasil riset belum optimal.

Laporan UNESCO (2024) juga menyoroti pentingnya koordinasi strategis antar lembaga riset, termasuk penguatan kerjasama pemerintah dan badan usaha (*public-private partnership*/PPP), untuk memaksimalkan keterbatasan anggaran riset. Ketiadaan platform pusat data riset nasional sebagai wadah bersama untuk berbagi data, infrastruktur, dan hasil penelitian turut membatasi skala inovasi dan memperlambat hilirisasi hasil riset dari akademisi ke sektor industri.

Keterbatasan talenta KA baik dari sisi jumlah maupun kualitas, meningkatkan kompleksitas tantangan dalam penguatan riset dan inovasi industri. Bappenas (2023) melaporkan bahwa secara total, tenaga kerja di bidang sains dan teknologi hanya mencakup 10,7% dari total angkatan kerja nasional, dengan proporsi keahlian terkait KA yang kecil. Adopsi KA di organisasi sering tidak optimal karena kurangnya pelatihan dan sosialisasi, sehingga pengguna akhir belum siap memanfaatkan teknologi KA (Hadian et al., 2023; Merentek et al., 2023). Selain itu, persaingan dalam persaingan di banyak negara dalam menjaring talenta KA terbaik yang berujung pada fenomena *brain drain* semakin memperparah situasi (Julianto, 2025; AIRDC, 2024). Indonesia menempati peringkat ke-19 di Asia dalam *indeks Human Flights and Brain Drain* (The Global Economy, 2024), dengan sekitar 10.000 tenaga terlatih meninggalkan Indonesia setiap tahun (RRI, 2025). Kesenjangan antara ketersediaan dan kebutuhan sumber daya manusia menjadi tantangan tersendiri dalam inisiatif penguatan riset dan inovasi industri.

Selanjutnya, adopsi inovasi KA oleh industri Indonesia juga menghadapi kesenjangan signifikan, baik dari sisi pemanfaatan hasil riset lokal maupun pembangunan ekosistem komersial. *Global AI Index* 2024 menempatkan Indonesia di peringkat 49 dari 73 negara, dengan ketimpangan mencolok dalam jumlah perusahaan rintisan, pendanaan *venture capital,* dan konversi riset ke produk industri (White & Cesareo, 2024). Google, Temasek, dan Bain & Company (2024) menunjukkan bahwa pemanfaatan KA di Indonesia masih terbatas pada sektor perdagangan retail, gim, dan edukasi, yang umumnya menggunakan solusi siap pakai dari luar negeri dan minim kolaborasi dengan periset lokal (Koswara, 2023). Selain itu, dengan rendahnya penggunaan bahasa Indonesia dan bahasa daerah dalam pengembangan NLP juga menunjukkan kesenjangan dalam adopsi teknologi lokal (Fikri et al., 2022). Rentannya kepercayaan investor terhadap pengembang produk KA lokal juga menjadi tantangan, sehingga perusahaan rintisan lokal mengalami kesulitan memperoleh pendanaan tahap awal karena kredibilitas yang belum terbangun (Octavia, 2023).

Berdasarkan uraian di atas, Indonesia menghadapi kesenjangan multidimensi dalam riset dan inovasi industri KA, mencakup aspek pendanaan, infrastruktur, kolaborasi kelembagaan, kapasitas SDM, hingga rendahnya adopsi inovasi di industri. Diperlukan evaluasi terhadap riset di bidang KA, khususnya terkait adopsi dan dampaknya sehingga didapatkan penilaian efektivitas kebijakan serta penyusunan perencanaan strategis yang tepat sasaran untuk pengembangan KA di masa depan.

Tanpa perbaikan lintas sektor yang sistematis, Indonesia berisiko tetap menjadi pengguna teknologi, bukan inovator.

Oleh karena itu, analisis ini menjadi fondasi penting untuk merumuskan kebijakan dan inisiatif berbasis konteks lokal yang mampu memperkuat ekosistem KA secara menyeluruh dan berkelanjutan.

3.1.5 Pengembangan Talenta

SDM dalam terminologi Talenta KA nasional dibagi dalam tiga kelompok utama, yaitu Talenta Pengembang KA, Talenta Pengguna KA, dan Talenta Terdampak KA.

Talenta Pengembang KA yaitu individu dengan keahlian teoritis dan teknis untuk merancang dan membangun sistem KA, yang dibentuk melalui pendidikan formal maupun nonformal (pelatihan). Talenta Pengguna KA adalah profesional dari berbagai bidang yang memanfaatkan KA sebagai alat bantu kerja, sehingga kompetensi KA perlu terintegrasi dalam kurikulum profesi masing-masing.

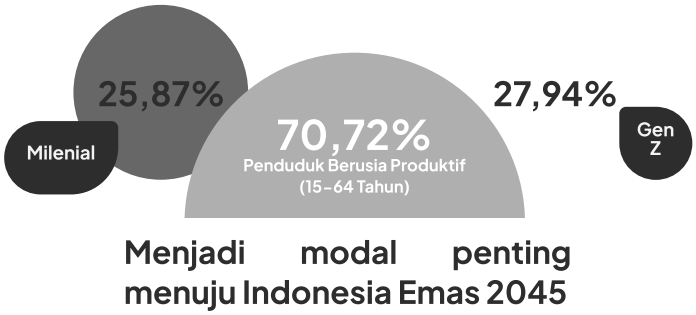
Talenta Terdampak KA adalah masyarakat umum yang meskipun tidak menggunakan KA secara langsung, tetap perlu memahami risiko, etika, dan dampak teknologi ini melalui literasi digital dan edukasi publik.

Di dalam peta jalan ini, pengembangan talenta KA memiliki misi "*menyiapkan Talenta KA yang berdaya saing dan berkarakter*". Pengembangan talenta KA memenuhi standar kompetensi KA mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang disiapkan melalui pendidikan, pelatihan, dan sertifikasi Talenta KA.

(a) Pendidikan dan Pelatihan Talenta KA

Indonesia memiliki lebih dari 190 juta penduduk usia kerja, didominasi oleh Generasi Z (27,94%) dan milenial (25,87%) kelompok *digital native* yang secara potensial mampu mendorong transformasi digital secara masif (IDN Research Institute, 2024).

Bonus demografi sebesar 70,72% penduduk usia produktif menjadi peluang emas, namun harus disertai dengan kesiapan sistem pendidikan dan pelatihan nasional. Indonesia memiliki lebih dari 190 juta penduduk usia kerja, didominasi oleh Generasi Z (27,94%) dan milenial (25,87%) kelompok *digital native* yang secara potensial mampu mendorong transformasi digital secara masif (IDN Research Institute, 2024).



Saat ini implementasi transformasi digital dan transisi hijau (*green transition*) telah mendorong perubahan signifikan di pasar tenaga kerja Indonesia. Berdasarkan data *Future of Jobs Report 2025* (*World Economic Forum*, 2025) dilaporkan 85% perusahaan telah mengadopsi KA, dengan lonjakan permintaan pada profesi Spesialis KA sebanyak 52% dan *Big Data* sebanyak 28%, sementara pekerjaan administratif menurun drastis. Kesiapan Talenta KA Indonesia masih menjadi tantangan.



Sebanyak 36% pekerja memerlukan pelatihan baru, 30% butuh peningkatan (*upskilling*), dan 22% perlu pelatihan ulang total, dengan keterbatasan akses pelatihan berkualitas terutama di luar kota besar. Sebanyak 94% tenaga kerja perlu pelatihan dengan fokus pada ketahanan, fleksibilitas, dan kelincahan kerja (65%), pemikiran analitis (65%), serta pemikiran kreatif (62%). Di sisi kebijakan terdapat sekitar 52% yang mendukung *reskilling* dan 50% mendukung pembiayaan pelatihan, sementara hambatan seperti regulasi yang kurang fleksibel, kesenjangan keterampilan, dan infrastruktur yang belum merata masih menjadi tantangan tersendiri.

Pemerintah telah melakukan banyak program penyiapan talenta digital, dengan pesatnya perkembangan teknologi KA menuntut transformasi menuju talenta KA. Program *Digital Talent Scholarship* (DTS) telah melatih lebih dari 560.000 peserta sejak 2018, dengan dampak positif 25% alumni berpindah status dari pengangguran menjadi bekerja dan 64,2% mengalami kenaikan pendapatan, khususnya pemegang sertifikasi internasional seperti *Global Technology* (BPSDM Komdigi, 2024). Namun, tantangan partisipasi perempuan rendah (36%), akses pelatihan terbatas di daerah 3T, dan minimnya pendampingan pasca-pelatihan. Menurut Proyeksi Ketersediaan dan Kebutuhan Talenta Digital Indonesia 2024–2030 (BPSDM Komdigi, 2024), Indonesia diperkirakan membutuhkan 12,09 juta talenta digital pada 2030, sementara ketersediaannya hanya 9,34 juta.

Pertumbuhan tahunan sebesar 6,21% belum mencukupi, dengan defisit tertinggi di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sumatera Selatan. Untuk menutup kesenjangan ini, diperlukan pemerataan pelatihan, percepatan sertifikasi berbasis industri, dan optimalisasi Sistem Informasi Manajemen Talenta (SIMT). SIMT sebagai direktori talenta nasional masih belum optimal, menyebabkan kesulitan dalam identifikasi, mobilisasi, dan retensi talenta digital, khususnya di bidang Kecerdasan Artifisial.

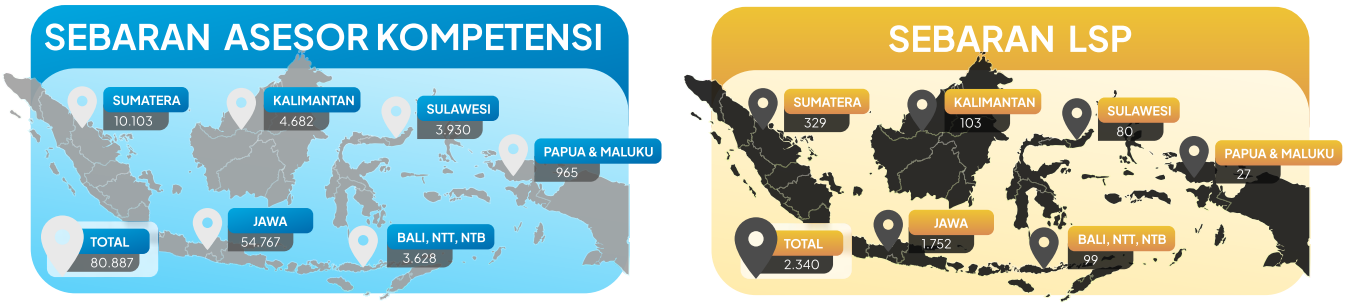
Indonesia telah memiliki program studi terkait bidang KA di pendidikan tinggi yang terdaftar di Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN PT), dan Pangkalan Data Pendidikan Tinggi (PDDikti) dengan kurikulum hasil kolaborasi K/L, industri, dan masyarakat. Ketersediaan modul pembelajaran KA mulai dari jenjang pendidikan dasar hingga pendidikan menengah merupakan langkah positif dalam membangun fondasi talenta pengembang dan pengguna profesional KA. Namun, implementasinya masih menghadapi tantangan, terutama karena keterbatasan jumlah pelatih dan belum meratanya jangkauan ke satuan pendidikan di luar naungan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (Kemdikdasmen). Kondisi ini perlu diatasi agar manfaat pembelajaran KA dapat dirasakan secara lebih luas.

Kurikulum prodi non-TIK masih minim muatan KA, sehingga perlu restrukturisasi untuk mendukung talenta lintas disiplin seperti di bidang kesehatan, hukum, dan pendidikan. Fondasi talenta KA mencakup sikap, keterampilan, dan pengetahuan, termasuk pemikiran kritis dan kreatif (European Commission & OECD, 2025). Namun nilai pisa 2022 siswa Indonesia masuk dalam kategori rendah (lebih rendah dari rata-rata negara OECD) untuk beragam kemampuan dasar (diantaranya adalah literasi dasar, literasi numerasi, *critical thinking*, *growth mindset*) sebagai kebutuhan kesuksesan literasi KA (PISA, 2022). Permasalahan *brain drain* juga menjadi tantangan dalam pengembangan Talenta KA di Indonesia, talenta KA yang dilatih masih belum memiliki lapangan kerja yang bersesuaian sehingga pilihan bekerja di luar negeri menjadi solusi jangka pendek.

(b) Standardisasi Kompetensi Talenta KA

Jumlah talenta KA di Indonesia mulai ada peningkatan, namun belum mencukupi kebutuhan industri dan pemerintah (BPSDM Komdigi, 2024). Meskipun pasar dan adopsi teknologi KA tinggi, pertumbuhan Talenta Pengembang lokal masih lambat (WEF, 2025). Talenta Aparatur Sipil Negara (ASN) dan talenta industri masuk ke dalam ketiga kelompok talenta KA tergantung peran dan dampaknya. Talenta terdampak didorong agar dapat bertransformasi menjadi pengguna KA aktif untuk mengurangi risiko negatif. Optimisme masyarakat Indonesia terhadap dampak positif KA mencapai 80% (*Stanford University Human-Centered AI*, 2025).

Peluang ini perlu dimanfaatkan untuk memperkuat kompetensi talenta digital nasional. Hanya 19% tenaga kerja Indonesia yang memiliki keterampilan digital dasar, dan kurang dari 1% menguasai tingkat lanjut (AWS & AlphaBeta, 2021). Talenta KA pada pemerintahan (ASN maupun non ASN di Kementerian/ Lembaga) dan industri harus memiliki standar kompetensi yang sama. Sertifikasi kompetensi dan profesi bidang KA bagi ASN maupun industri perlu dipertimbangkan untuk distandarisasi sesuai dengan SKNNI. Indonesia telah menetapkan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI), dan kerangka kerja seperti PON TIK, serta Standar Kompetensi ASN melalui PM PANRB Nomor 38 Tahun 2017.



Gambar 3.6 Peta Sebaran Asesor Kompetensi dan LSP di Indonesia

Implementasi Peta Okupasi Nasional bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi (PON TIK) dalam skema sertifikasi kompetensi/ profesi dilaksanakan oleh BNSP sebagai upaya peningkatan kompetensi talenta digital ASN dan industri di bidang KA. Berdasar data Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP), jumlah Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) dan Asesor semua bidang di Indonesia masih berpusat di pulau Jawa, dan rasio jumlah LSP dan asesor terhadap jumlah angka kerja masih sangat kurang terutama daerah di luar Jawa. Data sebaran Asesor dan LSP dari BNSP bisa dilihat di Gambar 3.6. Sertifikasi profesional industri yang diakui secara nasional maupun internasional dapat menjadi acuan dalam pembaruan SKKNI, yang bersifat adaptif dan dapat digunakan untuk keduanya. Transformasi birokrasi dan manajemen ASN telah diatur dalam UU No. 20/2023, termasuk aspek mobilitas talenta, percepatan pengembangan kompetensi, dan digitalisasi.

Proporsi ASN di bidang TIK masih sangat rendah, kurang dari 1% dari total 4,73 juta ASN (BKN, 2024) dan literasi digital belum menjadi indikator kinerja ASN. Disamping itu, Pranata komputer (Prakom) memegang peran penting dalam SPBE, kebutuhan tambahan prakom di tingkat pusat mencapai 13.517 orang (SMERU, 2024), namun kebijakan penyederhanaan birokrasi (*delayering*) menyebabkan 23% Prakom memiliki latar belakang pendidikan non-TIK atau di bawah kualifikasi minimum, menunjukkan ketidakmerataan kualitas SDM digital. Lebih dari 60% Prakom berasal dari generasi muda berusia 21–40 tahun, yang memiliki karakter gesit dan kolaboratif untuk mendorong transformasi digital. Namun, lebih sering diberikan tugas administratif di luar kompetensi dan kurang dihargai secara finansial, yang menyebabkan retensi rendah dan potensi migrasi ke sektor swasta.

3.1.6 Investasi/ Pembiayaan

Iklim investasi Indonesia secara umum dapat dikatakan mengalami dinamika yang cenderung masih berorientasi pada industri yang mapan. Realisasi investasi di Indonesia tercatat sebesar Rp1.714,2 triliun (Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM 2025).

Tiga sektor terbesar yang paling diminati oleh investor antara lain industri logam dasar, barang logam, bukan mesin dan peralatannya, industri transportasi, gudang, dan telekomunikasi, dan pertambangan (Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM, 2025). Indonesia menjadi salah satu tujuan utama investasi KA, baik oleh investor domestik maupun global, yang meliputi pemerintah, Badan Usaha Milik Negara (BUMN), korporasi swasta, dan modal ventura internasional. Hingga akhir 2024, total investasi kumulatif di sektor *startup* KA Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 542,9 juta dolar AS (DailySocial, 2025).

Dari sisi pendanaan, ekosistem KA nasional ditopang oleh tiga kelompok investor utama, sebagai berikut:

1. Pemerintah dan BUMN, yang berperan dalam membangun infrastruktur digital, pusat data, serta mendukung riset dan inovasi melalui berbagai program pendanaan.
2. Korporasi swasta Indonesia yang mulai aktif berinvestasi pada aplikasi KA praktis yang dapat diadopsi langsung di sektor industri.
3. Investor asing (modal ventura internasional, perusahaan teknologi multinasional), yang masih menjadi sumber pendanaan dominan bagi *startup* KA di Indonesia.

Dari sisi alokasi, investasi di sektor KA masih didominasi oleh aplikasi praktis, seperti di bidang *fintech*, pertanian, akuakultur, kesehatan, dan kota cerdas. Sementara itu, dukungan pembiayaan untuk riset dasar, pengembangan model fondasi, infrastruktur, serta penguatan talenta masih relatif minim. Kondisi ini menjadi tantangan utama dalam mendorong pertumbuhan ekosistem KA nasional secara berkelanjutan ke depan.

Indonesia Menerima Beberapa Investasi Dari Perusahaan Global Dan Melakukan Kerjasama-Kerjasama Investasi Dengan Negara-Negara Lain

US$1,7 miliar
pada 2024
Microsoft, 2024

US$200 juta
pada 2024
Kemitraan NVIDIA & Indosat, 2024

US$300 juta
Peluncuran Merah Putih Fund, 2024

Perkembangan ekosistem KA Indonesia ditandai dengan beberapa *milestone* penting seperti komitmen Microsoft senilai 1,7 miliar dolar AS pada 2024 (Microsoft, 2024), kemitraan NVIDIA dengan Indosat senilai 200 juta dolar AS (Dewi, 2024), dan peluncuran Merah Putih *Fund* dengan dana sekitar 300 juta dolar AS (Monitorday, n.d.)

Pemerintah sudah menyatakan komitmen dan dukungan untuk mendukung ekosistem KA nasional. Hal ini tercermin dari komitmen pemerintah dalam berbagai visi pemerintah dan perencanaan program pembangunan, penyusunan regulasi mengenai KA dan tata kelola kebijakan teknologi, dan pengadaan Kawasan Khusus Ekonomi (KEK). Pemerintah melalui peran dan kontribusi berbagai Kementerian dan Lembaga telah aktif mendukung regulasi, investasi, dan pengembangan talenta KA nasional.

Indonesia memiliki modal penting berupa populasi pengguna internet yang besar (221 juta) dengan tingkat penetrasi 79,5% pada tahun 2024 (APJII, 2024) dan jumlah *startup* teknologi yang signifikan.

Sampai dengan Juli 2024, Indonesia telah menghasilkan 2,566 *startup* atau menempati peringkat 6 terbanyak di dunia (Kompas, 2024). Populasi digital ini tidak hanya menjadi pasar, tetapi juga sumber daya penting untuk pengembangan solusi KA berbasis data. Ekosistem ini semakin diperkuat oleh aktivitas investor domestik yang mendukung pengembangan *startup* dan riset inovatif di bidang KA. Di samping itu, tren investasi dari perusahaan teknologi global seperti Google, Microsoft, Amazon Web Services, serta kerja sama strategis dengan negara mitra seperti Tiongkok, Uni Eropa, dan Jepang, menunjukkan meningkatnya kepercayaan terhadap potensi transformasi digital Indonesia.

Pertumbuhan ekonomi digital Indonesia turut menjadi pengungkit penting. Pada tahun 2024, nilai transaksi ekonomi digital Indonesia diperkirakan mencapai 90 miliar dolar AS atau sekitar Rp1.420 triliun, meningkat 13% dibandingkan tahun sebelumnya (CNBC, 2024). Ekonomi digital ini mencakup berbagai sektor utama seperti *e-commerce*, perjalanan daring, transportasi online, pengantaran makanan, serta media dan layanan keuangan digital yang dapat difasilitasi dan didukung dengan investasi KA dengan baik.

Pasar ekonomi digital Indonesia diproyeksikan mencapai 210–360 miliar dolar AS (2030) dengan tingkat pertumbuhan 5,9% antara tahun 2024–2029 (BKPM, 2025). Dibutuhkan investasi PMA dan PMDN sebesar 13.032,8T (2025–2029) untuk mencapai target pertumbuhan ekonomi 8%. Nilai ini setara dengan 143% dari realisasi investasi dalam 10 tahun terakhir (BKPM, 2025). Meski demikian, masih terdapat sejumlah tantangan seperti opsi-opsi pendanaan yang ada di ekosistem KA nasional yang terbatas. Sampai dengan saat ini, PMLN di sektor teknologi sejauh ini masih menjadi investor terbesar dengan realisasi mencapai Rp230,4 triliun pada kuartal pertama 2025 (BKPM, 2025).

Lebih lanjut, meski Indonesia telah memiliki instrumen pembiayaan nasional, namun belum difokuskan untuk KA. Selain itu, berbagai instrumen seperti *blended finance* (Usaha, n.d.), pembiayaan berbasis hasil, serta penggunaan hak kekayaan intelektual sebagai jaminan kredit (Rizkiawan, 2022) juga belum berkembang secara optimal. Di sisi ekosistem investasi, masih terdapat kekurangan dalam dukungan instrumen-instrumen kebijakan. Indonesia belum memiliki platform *matchmaking* nasional yang efektif untuk mempertemukan *startup* KA dengan investor. Belum ada metodologi standar untuk valuasi aset *startup* KA dan sistem penilaian kredit khusus. Keterbatasan instrumen peraturan perundang-undangan juga mengurangi pelindungan bagi investor.

Di luar itu, masih terdapat persoalan struktural seperti regulasi yang tumpang tindih, kebijakan TKDN yang belum fleksibel, serta implementasi skema KPBU/PPP yang belum mampu mengakomodasi dinamika sektor teknologi tinggi seperti KA. Persepsi risiko tinggi pada sektor KA membuat investor cenderung menahan diri, terlebih karena pelaksanaan insentif fiskal masih belum maksimal.

3.1.7 *Use Case*

Berdasarkan laporan *Worldbank GovTech Maturity Index* 2022, Indonesia menempati peringkat 41 dari 198 negara, dengan skor 0.817 yang masuk dalam kategori tinggi dibandingkan rata-rata global pada 0.552.

Hal ini menunjukkan posisi Indonesia yang kuat di tingkat global dalam hal **kematangan GovTech**, yang **mencerminkan kemajuan dalam inisiatif transformasi digital pemerintahan**. Kondisi ini juga terefleksikan dalam **perkembangan *use case* yang diinisiasi oleh institusi pemerintah**. Saat ini belum terdapat rujukan resmi dan laporan resmi mengenai jumlah *use case* di Indonesia.

Berdasarkan laporan KORIKA (2021), setidaknya terdapat inisiasi 23 *use case* KA di lima sektor industri,yakni lima klaster bidang kecerdasan artifisial, yaitu riset industri dan hankam, layanan publik dan kesehatan, kota cerdas dan kebencanaan, ketahanan pangan dan maritim. UNESCO (2025) mencatat setidaknya tiga inisiatif *use case* untuk kepentingan publik.

Berdasarkan data primer dari Kementerian/Lembaga (K/L) terdapat setidaknya 17 *use case* yang dikembangkan oleh berbagai K/L dengan kerja sama dengan industri, seperti dalam tabel berikut.

Tabel 3.2 *Use Case* dari berbagai K/L

No	Target Talenta	Target Talenta	Pendekatan Pendidikan
1	***DIKTI AI Center***	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi	Fasilitas berbagi infrastruktur komputasi untuk pengembangan talenta KA di perguruan tinggi
2	**ARU (Asisten Guru)**	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Asisten virtual untuk membantu guru dalam proses mengajar
3	**Satu Sehat**	Kementerian Kesehatan	Platform integrasi data kesehatan pasien dan akses layanan kesehatan
4	***Lighthouse Industry***	Kementerian Perindustrian	Program percontohan industri 4.0 termasuk penggunaan KA
5	**KOMENS AI (*Knowledge Management System for Artificial Intelligence*)**	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)	Manajemen informasi dan pengetahuan memanfaatkan KA
6	**IDMAI (*Integrated Digital Monitoring Agriculture Irrigation*)**	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)	KA untuk pemantauan irigasi pertanian untuk penggunaan air dan produktivitas lahan yang optimal
7	**SEERI (*Solar Energy Estimator for Rooftop in Indonesia*)**	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional	Manajemen informasi dan pengetahuan memanfaatkan KA
8	**SIPALAGA (Sistem Pemantauan Air Lahan Gambut)**	Badan Restorasi Gambut	KA untuk pemantauan kadar air lahan gambut dalam rangka upaya restorasi dan mencegah kebakaran
9	**Tinggi muka air online (AI prediksi tinggi muka air)**	Pusdatin Dinas Sumber Daya Air Pemprov DKI	KA untuk prediksi tinggi muka air sungai dan membantu mitigasi banjir
10	**Penelusuran Kekayaan Intelektual Berbasis AI**	Kementerian Hukum	KA untuk mempermudah penelusuran pusat data kekayaan intelektual
11	**SMART *Farming* & Digitalisasi Pertanian**	Kementerian Pertanian	KA untuk menunjang produktivitas sektor pertanian
12	***Newscasting* & *Forecasting* Ekonomi**	Bank Indonesia	Analisa berita ekonomi untuk memprediksi tren ekonomi untuk kebijakan moneter
13	**SAPA UMKM dan Otomasi Layanan UMKM**	Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah	KA untuk membantu UMKM untuk mendapat akses informasi, pelatihan dan bisnis
14	***Ocean Big Data* & Pemantauan *Illegal Fishing***	Kementerian Kelautan dan Perikanan	*Big data* untuk deteksi praktik penangkapan ikan ilegal
15	***AI Law Analyzer***	Kementerian Keuangan	Analisis hukum dengan KA generatif
16	**AI untuk *Supervisory* dan *Regulatory Tech***	Otoritas Jasa Keuangan	KA untuk meningkatkan kepatuhan dan mitigasi risiko di sektor jasa keuangan
17	***Smart Chatbot* Infrastruktur SPECTRUM-AI**	Kementerian Komunikasi dan Digital	Layanan informasi terkait regulasi dan perizinan penyelenggaraan infrastruktur digital

Selain pemerintah, *use case* KA juga diinisiasi oleh aktor swasta, baik dalam kerja sama dengan badan pemerintah yang berorientasi peningkatan pelayanan publik, maupun sebagai inovasi bisnis. Saat ini belum terdapat satu rujukan informasi yang resmi mengenai jumlah *use case* yang dikembangkan oleh sektor privat dan tingkat keberhasilan dari *use case* yang telah dikembangkan. Sebagai contoh, KA dikembangkan untuk terintegrasi dengan aplikasi *chatbot* untuk membantu meningkatkan pengalaman pelanggan, mendukung *Customer Relationship Management* (CRM), serta menyediakan asisten virtual yang responsif.

Selain itu, KA juga digunakan untuk membantu proses autentikasi dan verifikasi menggunakan KA pengenalan wajah. Fitur-fitur seperti deteksi *liveness* dan kecocokan wajah juga sudah mulai didukung teknologi KA. Beberapa perusahaan juga sudah menggunakan KA untuk deteksi suara menjadi teks yang kemudian dapat digunakan untuk membuat laporan dan ringkasan rapat secara otomatis. Di bidang *smart city*, KA digunakan secara otomatis pada sistem CCTV untuk mendeteksi keramaian, penggunaan masker di ruang publik, dan kegiatan anomali.

Pengembangan *use case* KA masih menghadapi sejumlah tantangan, koordinasi antar institusi dan sektor masih lemah, sebagaimana tercermin dari rendahnya tingkat interoperabilitas data. Platform nasional untuk sinkronisasi dan kurasi *use case* belum tersedia, sehingga menyebabkan fragmentasi dan duplikasi investasi.

3.2 *Benchmark* Internasional

Benchmark internasional menyajikan analisis komprehensif dari Amerika Serikat, Inggris, Uni Eropa, Tiongkok, Jepang, India, Singapura dan Malaysia dalam mengembangkan ekosistem KA, mencakup enam aspek utama KA yakni Etika dan Kebijakan, Infrastruktur dan Data, Riset dan Inovasi Industri, Pengembangan Talenta, Investasi/Pembiayaan, dan Penerapan KA dalam Berbagai Sektor (*Use Case*).

Secara umum, delapan negara telah memiliki kerangka kebijakan etika dan tata kelola KA yang komprehensif, didukung dengan pengembangan aktif riset dan inovasi. Namun terdapat perbedaan dalam strategi inovasi, adopsi KA pada sektor-sektor spesifik yang mencerminkan prioritas setiap negara dengan tingkat kesiapan pengembangan KA yang beragam.

Dalam konteks ini, **Indonesia dapat belajar untuk memperkuat sinergi kebijakan lintas sektor dengan turut mengembangkan regulasi yang inklusif, responsif terhadap perkembangan teknologi dan meminimalisir bias, dengan memberikan titik tekan pada integrasi pendidikan KA sejak dini, menyiapkan mekanisme insentif investasi yang jelas, terukur dan konsisten, diikuti dengan penyiapan infrastruktur teknologi yang memadai.**

Pendekatan komprehensif yang memperhatikan aspek etika, pelindungan data dan inklusivitas sosial sangat penting untuk mengatasi tantangan digital, agar KA mampu memberdayakan seluruh lapisan masyarakat melalui percepatan transformasi digital nasional yang adil dan berkelanjutan.

Tabel 3.3 *Benchmark* Internasional untuk aspek Kebijakan dan Etika

Topik	Pendekatan Regulasi	*AI Action Plan*	Etika dan Prinsip KA
Amerika Serikat	***Principle Based*** Pengelolaan atau pengaturan yang didasarkan pada prinsip-prinsip umum atau nilai-nilai dasar dengan memberikan fleksibilitas untuk dapat diadaptasi sesuai konteks dan situasi . pendekatan regulasi berbasis sektor tidak ada UU khusus mengenai KA	***Winning the AI Race: America's AI Action Plan* (2025)**	***NIST AI Risk Management Framework***: Berbasis **validasi, transparansi, pengawasan.** Menekankan inklusivitas, keterlibatan publik, dan iterasi berkelanjutan.
Inggris	***Principle Based, Risk Based*** Pengelolaan atau pengaturan yang didasarkan pada prinsip-prinsip umum atau nilai-nilai dasar untuk memberikan fleksibilitas untuk dapat diadaptasi sesuai konteks dan situasi. Arah kebijakan bersifat sektoral, berorientasi pro-inovasi, berdasar pada lima pilar yakni pro-inovasi, proporsional, adaptif, jelas dan kolaboratif Mekanisme ATRS (*Algorithmic Transparency Recording Standar*) sebagai prosedur etis untuk semua institusi publik.	***AI Opportunities Action Plan* (2025), *AI National Strategy* (2021)**	5 Prinsip Utama: ***Safety, security & robustness; Appropriate transparency & explainability; Fairness; Accountability & governance; Contestability & redress.*** MOD juga menetapkan *Human-Centricity, Responsibility, Understanding, Bias & Harm Mitigation, Reliability.*
Uni Eropa	***Rules Based*** Pengaturan spesifik dan mendetail (*rules based*) secara ketat melalui seperangkat peraturan atau standar yang sudah ditetapkan. Kebijakan bersifat sentralistik dengan satu payung UU KA yang menjadi dasar pengaturan KA, mengedepankan aspek keselamatan dan perlindungan bagi warga berdasarkan HAM.	***AI Continent Action Plan* (2025)**	***Human-Centric****: Ethics Guidelines for Trustworthy AI* **(keadilan, non-diskriminasi, transparansi, privasi, pengawasan manusia**).
Tiongkok	***Rules Based*** Pengaturan spesifik dan mendetail (*rules based*) secara ketat melalui seperangkat peraturan atau standar yang sudah ditetapkan	***Action Plan to Build Digital China by 2025, AI global Action Plan* (2025)**	***Ethical Guidelines for AI***: Menekankan **kontrol manusia, keamanan data, kepatuhan pada stabilitas sosial**, hanya berlaku pada Sektorriset dan inovasi yang dinilai kritikal.
Jepang	***Risk Based and Agile*** Berbasis risiko dan lincah, menekankan keseimbangan antara mendorong inovasi dan mengelola risiko secara proporsional	**N/A**	***Human-Centered***: Transparansi, kejelasan, keadilan dan tidak diskriminatif, akuntabilitas, keandalan, privasi data, pengawasan manusia.
India	***Principle Based and Risk Based*** Mengkombinasikan pendekatan berbasis prinsip dan berbasis risiko, untuk mendorong inovasi dan pertumbuhan ekonomi sambil mengembangkan kerangka kerja untuk mengelola risiko KA secara bertahap.	***National AI Mission* (2024A)**	***AI for Greater Good***: Fokus pada etika dan AI yang bertanggung jawab, melindungi privasi data, transparansi, akuntabilitas. Prinsip etika berdasarkan *Belmont Report*: ***'Person Respect', 'Beneficence' & 'Justice'.***
Singapura	***Principle Based*** Pengelolaan atau pengaturan yang didasarkan pada prinsip-prinsip umum atau nilai-nilai dasar untuk memberikan fleksibilitas untuk dapat diadaptasi sesuai konteks dan situasi.	**Singapore *National AI Strategy* 2.0**	***Model AI Governance Framework***: Mendorong prinsip keterjelasan **(*explainability*), keadilan,** dan pengawasan manusia **(*human-in-the-loop*).**
Malaysia	***Principle Based and Risk Based*** Mengkombinasikan pendekatan berbasis prinsip dan berbasis risiko, untuk mendorong inovasi dan pertumbuhan ekonomi sambil mengembangkan kerangka kerja untuk mengelola risiko KA secara bertahap.	***AI Technology Action Plan* 2026-2030**	**N/A**

Tabel 3.4 *Benchmark* Internasional untuk aspek Infrastruktur dan Data

Topik	Bagipakai Dataset untuk mendorong Adopsi KA	Bagipakai Infrastruktur dan Data khusus untuk Adopsi KA
Amerika Serikat	Pengembangan **lingkungan komputasi** aman, portal NSDS untuk **akses data, insentif bagi peneliti** merilis *dataset* publik berkualitas, dan **kewajiban pengungkapan *dataset* non-proprietari**.	**Pembangunan infrastruktur KA nasional** yang meliputi *data centers*, grid listrik, dan fasilitas manufaktur semikonduktor yang **dapat diakses bersama** untuk mendukung ekosistem KA.
Inggris	Menerbitkan **data terbuka dan dapat dibaca mesin** yang otoritatif sebagai dasar bagi model KA untuk manfaat publik dan komersial. ***Office for AI*** akan menentukan *dataset* berharga yang perlu didorong atau dikurasi.	Akan melakukan konsultasi terkait **infrastruktur siber-fisik** yang lebih luas dan **ruang inovasi fisik untuk menjadi infrastruktur bersama** dalam mendukung percepatan pengembangan dan penerapan KA.
Uni Eropa	Akan membangun ***dataset* berkualitas tinggi, interoperabel,** dan beragam yang diperlukan untuk KA.	**Peningkatan akses** terhadap infrastruktur komputing, termasuk mendorong lebih banyak infrastruktur *cloud* untuk 5–7 tahun kedepan.
Tiongkok	Mendorong **diversifikasi dan ekosistem inovasi terbuka** melalui pendekatan kode sumber terbuka lintas batas.	Berniat mendorong **pembangunan listrik bersih, jaringan generasi berikutnya, komputasi cerdas, pusat data, dan infrastruktur global, tata letak infrastruktur KA dan digital** yang dapat saling beroperasi, mendorong pembangunan sistem standar komputasi terpadu untuk negara-negara *global south*.
Jepang	Mendorong pengembangan dan **pemanfaatan bersama fasilitas dan peralatan** untuk pemrosesan data besar, komunikasi, penyimpanan, serta *dataset* dan infrastruktur terkait KA.	Mendorong pengembangan dan **pemanfaatan bersama fasilitas dan peralatan** untuk pemrosesan data besar, komunikasi, penyimpanan, serta *dataset* dan infrastruktur terkait KA.
India	**Membuka *dataset* pemerintah** dengan membangun platform yang menyediakan *dataset* di sektor sosial.	**N/A**
Singapura	Berkomitmen **membuka lebih banyak *dataset* pemerintah** untuk menyelesaikan **masalah KA yang menjadi prioritas nasional.**	Berkomitmen **mengelola sebagian kecil GPU berbasis untuk mendukung *use case*** yang layak dalam pembangunan **kapabilitas, inovasi, dan kepentingan publik** serta memperdalam **kemitraan substansial dengan pemain utama** di bidang komputasi.
Malaysia	Melalui Strategi 3, pada *Malaysia AI Roadmap* 2021–2025, Malaysia **mendorong data sharing** pada *AI Catalyst Consortium*.	Melalui Strategi 3, pada *Malaysia AI Roadmap* 2021–2025, pemerintah **mendorong adopsi komputasi berbasis awan (*cloud* computing) dan penyimpanan** untuk KA.

Tabel 3.5 *Benchmark* Internasional untuk aspek Riset dan Inovasi Industri

Topik	Riset dan Inovasi untuk Proyek KA Nasional	Skema Pendanaan Riset dan Inovasi KA	Hilirisasi Riset KA
Amerika Serikat	**Pemerintah menugaskan berbagai lembaga untuk riset dan inovasi KA**, termasuk koordinasi program, pendanaan, dan pengembangan infrastruktur pendukungnya.	**Perguruan tinggi menjadi pusat riset KA fundamental yang didukung pendanaan swasta**. Tahun 2023, investasi swasta terbesar di dunia untuk inovasi KA mencapai 67 miliar dolar AS.	**Inovasi KA terjadi di setiap lapisan ekosistem**, dari model KA hingga produksi semikonduktor, untuk menjaga daya saing global.
Inggris	**Mengadopsi pendekatan pro-inovasi** untuk menghindari regulasi berlebihan dan memiliki strategi KA nasional untuk menjadi pemimpin global KA.	***AI Growth Zones* untuk menarik investasi**, dengan menyediakan insentif, lahan, energi rendah karbon, dan lokasi dekat klaster industri lokal.	*AI Opportunities Action Plan* **bertujuan melipatgandakan kapasitas riset hingga 20 kali lipat pada tahun 2030**, didukung oleh infrastruktur, data riset dan koordinasi penelitian.
Uni Eropa	**EU AI Act** mendorong riset ilmiah serta inovasi KA yang etis, aman, dan berpusat pada manusia, dengan pendekatan berbasis risiko.	**Program *Horizon Europe*** mendukung riset KA, dan ***Digital Europe*** fokus pada adopsi KA, termasuk *AI Academy Skills* dan pendanaan untuk KA generatif dan model KA kompleks	***Platform AI on Demand*** menjembatani peneliti dan bisnis dengan alat, data serta layanan KA. **GenAI4EU** mengembangkan *use case* KA generatif di 14 sektor.
Tiongkok	**Visi Tiongkok untuk menjadi pemimpin AI global pada 2030**, dengan tata kelola riset dan inovasi yang dipimpin oleh *Ministry of Science and Technology dan Cyber Administration China.*	Investasi pemerintah pusat dan daerah pada ***High-tech Industrial Development Zones***, infrastruktur **komputasi terpadu dan merata**, serta **program menarik kembali periset diaspora**.	**Perusahaan teknologi dilibatkan dalam inovasi KA** untuk mencapai target nilai industri KA sebesar 150 miliar dolar AS dan 1 triliun dolar AS di industri terkait pada tahun 2030.
Jepang	*Act on the Promotion of R&D and the Utilization of AI*, menegaskan **KA sebagai fondasi untuk ekonomi dan sosial**, mengedepankan riset dan inovasi.	Pendanaan **riset kolaborasi** *Moonshot Goals* agar lembaga sains memanfaatan KA pada riset medis, energi, industri, bioteknologi, pertanian, fisika dan kimia.	**Jejaring *AI Japan R&D Network*** dari perguruan tinggi, lembaga riset dan swasta, **mempromosikan riset dan inovasi KA unggulan** seperti NLP bahasa Jepang.
India	**India mendirikan pusat riset KA untuk mendorong teknologi *frontier*** dan solusi KA terapan di bidang kesehatan, pertanian, pendidikan, serta kota cerdas.	**Pendanaan** 1,25 milyar dolar AS *AI India Mission* untuk mendorong inovasi KA dengan fasilitas *HPC*, platform repositori *dataset*, dan **menarik diaspora ahli**.	**Pemerintah mendukung perusahaan rintisan KA untuk mengatasi tantangan sosial**, serta LLM berbagai dialek bahasa India di program *Digital India Bhashini.*
Singapura	***National Research Foundation*** menetapkan strategi riset, inovasi, dan kewirausahaan. ***AI Singapore*** dibentuk untuk menjadikan Singapura pusat inovasi KA global.	**Program 100 *Experiments*** menyediakan dana 150 ribu dolar Singapura per proyek dan akses ke ***AI Engineering Hub*** untuk pengembangan ***Proof of Concept*** dan ***Minimum Viable Product.***	***AI Singapore*** fokus pada riset fundamental menuju ***Artificial General Intelligence***. Melalui ***AI Verify***, Singapura membangun reputasi sebagai inovator produk KA terpercaya.
Malaysia	*Malaysia AI Roadmap* menjelaskan **strategi implementasi untuk membangun ekosistem inovasi KA.**	Prioritas **pendanaan untuk riset dan inovasi** *quadruple helix* dan mendorong penggunaan **KA di setiap lembaga sains** untuk meningkatkan kemampuan riset.	*National AI Office* mendorong **inovasi KA terapan** di sektor kesehatan, transportasi, agrikultur, layanan publik, pendidikan dan UMKM.

Tabel 3.6 *Benchmark* Internasional untuk Pengembangan Talenta

Topik	Target Talenta	Pendekatan Pendidikan
Amerika Serikat	Mencakup lulusan **perguruan tinggi, tenaga kerja terampil tanpa gelar sarjana** melalui program sertifikasi dan **pelatihan industri.**	Peningkatan **pendidikan STEM sejak dini, pelatihan ulang tenaga kerja, serta perluasan akses bagi pekerja terampil non-sarjana** melalui program sertifikasi. Literasi KA juga dipromosikan secara nasional, terutama melalui pelatihan guru dan integrasi KA dalam kurikulum K-12.
Inggris	Fokus **pada *skills bootcamps*, beasiswa MSc & *fellowship* (Turing), gelar doktoral, dan dukungan jenjang karir yang beragam.**	**Dukungan sekolah & universitas** melalui *Centre for Computing Education*, MSc konversi, **pelatihan ulang pekerja** (*bootcamps*).
Uni Eropa	Menargetkan pengembangan talenta KA dengan **menarik dan mempertahankan peneliti, praktisi, serta diaspora KA** melalui program seperti MSCA *Choose Europe* dan *Talent Pool*.	Di bidang pendidikan formal, **EU memperkuat jalur KA melalui *AI Skills Academy*, program master dan doktoral, serta integrasi kurikulum KA** lintas universitas Eropa.
Tiongkok	Pembentukan **klaster KA,** Pembentukan **pusat-pusat keunggula**n di sekitar universitas dan lembaga penelitian terdepan.	Terdapat 535 universitas di Tiongkok menawarkan **program studi yang berkaitan dengan KA.**
Jepang	Penguatan SDM KA yang tidak hanya andal secara teknis, tetapi juga **tangguh dalam menghadapi krisis nasional dan global.**	Memasukkan **KA dan sains data ke dalam kurikulum sekolah** serta **pelatihan** di sektor industri. Program ***reskilling* dan *upskilling***.
India	**Kurikulum KA** dan telah diimplementasikan untuk siswa menengah, dan terselenggaranya program KA di perguruan tinggi.	**KA sebagai mata pelajaran & keahlian,** buku panduan resmi.
Singapura	**15.000 praktisi KA**	**Kurikulum berjenjang**: *Code for Fun* hingga universitas (*AI & Society*).
Malaysia	200.000 **talenta masa depan,** 500.000 pekerja, 133.000 teknisi.	**Pendidikan dasar hingga pascasarjana dan vokasional** dengan prinsip KA yang bertanggung jawab.

Tabel 3.7 *Benchmark* Internasional untuk Investasi/Pembiayaan

Topik	Strategi Aktivasi Pendanaan	Skema Pembiayaan/ PPP
Amerika Serikat	• **Aktivitas masif modal ventura ke perusahaan rintisan** KA dari tahap awal (*seed stage*) hingga pra-IPO. • **Pemerintah sebagai pendana utama** riset dasar dan jangka panjang.	• Tersedianya alokasi dana 1 miliar dolar AS melalui *AI Innovation Fund*, inisiatif *National Public-Private Partnership in AI* (NPPP-AI). • **Pembentukan 10 institut riset dan inovasi nasional** oleh **Pemerintah dengan pendanaan bersama industri** selama 10 tahun.
Inggris	**N/A**	**Skema PPP** di Inggris digunakan untuk **mendorong pengembangan KA di sektor publik** melalui kolaborasi pemerintah dan industri, seperti kerja sama dengan *OpenAI* dan program *BridgeAI* senilai 100 juta pound.
Uni Eropa	• *Digital Europe Programme* dan *Horizon Europe* yang **berfokus pada riset, pengembangan infrastruktur, serta adopsi KA oleh UMKM.** • Pembentukan Jaringan Pusat Inovasi Digital Eropa (*European Digital Innovation Hubs*) sebagai ***one-stop-shop* yang membantu perusahaan untuk mendapatkan peluang pendanaan.**	**Initiative PPP '*the InvestAI Initiative*'** diluncurkan Februari 2025, mentargetkan 200B euro, EU berkontribusi sebesar 50 billion euro dan selebihnya merupakan kontribusi industri dan mitra kerja EU.
Tiongkok	Mendirikan **dana investasi milik negara** (*government guidance funds*) untuk disuntikkan ke **perusahaan-perusahaan KA yang strategis.**	• **Skema pendanaan dan kemitraan publik-swasta berupa dana ventura negara senilai 1 triliun yuan untuk proyek strategis KA dan dana khusus** senilai 8,2 miliar dolar AS guna mendukung *startup*, aplikasi KA, dan jaringan komputasi nasional. • **Pembentukan laboratorium dan zona pilot KA** oleh pemerintah dan bank-bank besar.
Jepang	• **Investasi publik dan kemitraan publik-swasta** untuk mempercepat inovasi KA, dengan dukungan dari METI dan NEDO melalui proyek seperti GENIAC yang menyediakan sumber daya komputasi KA generatif. • **Membangun Pusat Data KA Tomakomai dan mendukung *startup*** lewat program akselerator. Penyiapan legislasi untuk penggunaan KA sambil aktif menjalin kemitraan internasional dan mengembangkan talenta KA.	• Mendorong **pengembangan KA melalui kemitraan PPP, didukung legislasi, dan investasi infrastruktur.** • *AI Japan Act* digunakan untuk untuk mempercepat inovasi sambil mengelola risiko etika. • **Peningkatkan investasi domestik dengan pendekatan skema PPP** seperti Pusat Data AI Tomakomai, serta dukungan sektor seperti kesehatan dan transportasi.
India	**N/A**	• Mendorong **ekosistem KA nasional melalui *IndiaAI Mission*, sebuah skema PPP komprehensif** pada Maret 2024 untuk memperkuat kepemimpinan global, kemandirian teknologi, dan pemerataan manfaat KA. • Investasi publik lebih dari ₹10.000 crore (sekitar 1,3 miliar dolar AS), misi ini **mencakup pengadaan 10.000 GPU, inovasi, platform data, pelatihan talenta, pendanaan *startup***, serta pengembangan KA yang aman dan etis.
Singapura	• Meluncurkan program-program **pendanaan yang dikelola oleh AI Singapore** seperti 100 *Experiments* (100E) yang mana menyediakan skema *co-funding* sampai dengan 15.000 SGD per proyek. • Menginisiasi penyediaan dana sebesar 1 triliun SGD selama lima tahun ke depan yang difokuskan pada **penyediaan akses pada chips, pelaksanaan kerjasama dengan perusahaan-perusahaan global** untuk menetapkan *AI Center of Exellence* dan inovasi, talenta, dan dukungan pada UMKM.	Kementerian Kesehatan Singapura membangun Healix, sebuah **platform aman untuk berbagi data klinis dan sosial ekonomi** yang dianonimkan, guna **membangun dan melatih model KA dalam kesehatan masyarakat**. Platform ini sudah terintegrasi dengan institusi kesehatan publik secara nasional, mendukung pengembangan solusi KA yang lebih akurat dan personal.
Malaysia	**N/A**	MySejahtera, yang awalnya dikembangkan untuk memantau COVID-19, kini dikembangkan menjadi **platform kesehatan** yang lebih luas, **memanfaatkan KA untuk analisis data kesehatan masyarakat, mendukung pengambilan keputusan kebijakan kesehatan**, serta **memberikan akses data kesehatan kepada individu.**

Tabel 3.8 *Benchmark* Internasional untuk *use case* bidang Ketahanan Pangan, Kesehatan, dan Pendidikan

Topik	Ketahanan Pangan	Kesehatan	Reformasi Birokrasi
Amerika Serikat	KA digunakan **dalam pengawasan mutu pangan, termasuk deteksi kontaminan, penilaian kesegaran, prediksi masa simpan dan pemantauan rantai pasok suplai pangan** dari petani ke konsumen. Inovasi KA meningkatkan **keamanan pangan nasional dan mendukung regulasi mutu secara *real-time*.**	Sistem berbasis KA dipakai untuk **memantau kondisi pasien secara *real-time* dari jarak jauh**, sehingga memungkinkan **deteksi dini penurunan kesehatan dan intervensi cepat tanpa perlu rawat inap.** Hal ini meningkatkan akses layanan, terutama bagi pasien kronis dan lansia.	• KA Generatif digunakan oleh guru untuk **merancang materi ajar, soal, serta adaptasi konten bagi siswa dengan kebutuhan dan usia berbeda.** • KA juga memudahkan **akses materi dalam berbagai bahasa atau mode** untuk mendukung pembelajaran inklusif, termasuk untuk siswa disleksia atau disabilitas.
Inggris	KA digunakan oleh *Department for Environment, Food & Rural Affairs* dalam **memprediksi hasil panen, mengelola penggunaan lahan** secara efektif, mengantisipasi risiko bencana alam dan hama.	NHS (*National Health Service*) menggunakan KA untuk **memantau kondisi pasien kronis dan lansia secara *real-time*** dengan perangkat wearable dan sensor. Sistem ini memungkinkan **deteksi dini penurunan kondisi kesehatan dan intervensi cepat tanpa perlu rawat inap.**	Kementerian Pendidikan Inggris bersama lembaga inovasi seperti *Innovate UK* **menyediakan pendanaan jutaan pound untuk mengembangkan dan mendukung adopsi KA dalam pendidikan**.
Uni Eropa	KA digunakan untuk mendukung pemerintah dalam **perumusan ketahanan pangan berbasis analisa big data, dari level prediksi *supply - demand*, deteksi risiko kerawanan pangan, hingga penentuan intervensi prioritas sektor publik** di seluruh Uni Eropa.	Dengan diberlakukannya EU AI Act sejak Agustus 2024, **KA dalam sektor kesehatan dikategorikan sebagai sistem berisiko tinggi** yang memerlukan pengawasan ketat, transparansi, dan keamanan data yang kuat. Regulasi ini **menempatkan manusia sebagai pengawas utama dan mewajibkan mitigasi risiko** untuk menjamin keselamatan pasien.	• **KA untuk pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan, kecepatan, dan gaya belajar siswa dan mengembangkan KA tutor yang memberi umpan balik *real-time*** dan menciptakan materi pembelajaran adaptif sesuai profil siswa. • KA juga **membantu guru dalam pembuatan dan penyederhanaan materi ajar serta mengakomodasi siswa dengan kebutuhan khusus** seperti disleksia atau disabilitas.
Tiongkok	Kementerian Pertanian dan Urusan Perdesaan Tiongkok memasukkan KA dan bioteknologi sebagai prioritas dalam rencana strategis 2024–2028 untuk mewujudkan **swasembada pangan dan mengurangi impor bahan pokok.** Kolaborasi antara perusahaan global	Tiongkok telah mengumpulkan data kesehatan terpusat digital dari lebih dari 38.000 rumah sakit dan **membangun ekosistem yang memungkinkan penggunaan model KA yang aman dan terlindungi privasinya**, termasuk penerapan Federated Learning, serta **dukungan kebijakan yang mempercepat pemberlakuan teknologi KA seperti jaringan 5G dan rekam medis elektronik terpadu.**	• Pedoman mengenai **penggunaan KA generatif di sekolah dasar dan menengah.** • Penggunaan KA generatif oleh guru dan siswa dilarang untuk mencegah penggantian peran guru dan menghindari dampak negatif terhadap perkembangan kognitif siswa. Pendekatan ini bertujuan **membangun sistem pendidikan KA yang ilmiah dan terstruktur agar KA menjadi alat bantu belajar tanpa menggantikan interaksi manusia**
Jepang	Kementerian Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan Jepang (MAFF) fokus **menggabungkan KA, big data, dan otomatisasi dalam smart farming untuk meningkatkan efisiensi budidaya, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan memperkuat ketahanan pangan**. Inisiatif ini mencakup pemantauan kondisi tanaman secara *real-time* serta **adaptasi perubahan iklim** yang membantu petani membuat keputusan yang lebih tepat dan efisien.	• Pemerintah Jepang mengeluarkan **roadmap untuk mempercepat digitalisasi sektor kesehatan,** termasuk integrasi data medis elektronik yang lebih baik, **interoperabilitas antarsistem, dan pelindungan privasi berbasis pada KA**. • Berfokus juga pada **pengembangan aplikasi *mobile* kesehatan dan telemedisin** yang jauh lebih luas.	• **Pedoman baru yang menempatkan pendidikan KA sebagai bagian penting dari kurikulum** di sekolah dasar hingga menengah. • Tujuannya adalah membekali siswa dengan pemahaman dasar tentang KA, kelebihan dan kekurangannya, serta bagaimana **KA dapat digunakan secara etis dan efektif dalam kehidupan** sehari-hari dan pembelajaran
India	• Penerapan KA untuk m**emantau kondisi tanah, cuaca, hama dan pertumbuhan tanaman secara *real-time*.** • Pemerintah dan *startup* menyediakan **platform digital yang menghubungkan petani dengan pasar, informasi kualitas input, serta saran ahli sehingga petani,** termasuk yang skala kecil, dapat mengoptimalkan irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama secara lebih efisien dan ramah secara lingkungan.	Pemerintah India mendukung pengembangan KA **dengan pendanaan besar dan program strategis, termasuk digitalisasi** melalui National Digital Health Mission yang mengintegrasikan data kesehatan warga melalui Health ID unik.	• **Kebijakan pendidikan terbaru (seperti National Education Policy 2020 dan program NITI Aayog)** mendorong integrasi pembelajaran KA sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi. • Mulai tahun ajaran 2025–2026, beberapa lembaga dan papan ujian (misalnya CISCE) sudah m**emasukkan pelajaran KA dan robotika sebagai bagian dari kurikulum resmi,** menyiapkan generasi muda dengan pemahaman dan keterampilan KA dasar.
Singapura	• Singapura dengan lahan yang sangat terbatas, menggabungkan **strategi diversifikasi sumber pangan dari banyak negara dan mengadopsi teknologi digital serta KA untuk memaksimalkan produksi pangan lokal**, terutama melalui pertanian perkotaan dan teknologi canggih lainnya. • **Regulasi inovatif** seperti persetujuan konsumsi serangga yang menjadi alternatif sumber protein untuk mendukung ketahanan pangan secara berkelanjutan	Kementerian Kesehatan Singapura membangun Healix, sebuah **platform aman untuk berbagi data klinis dan sosial ekonomi** yang dianonimkan, guna **membangun dan melatih model KA dalam kesehatan masyarakat**. Platform ini sudah terintegrasi dengan institusi kesehatan publik secara nasional, mendukung pengembangan solusi KA yang lebih akurat dan personal	Pemerintah **menginvestasikan dana besar untuk riset dan pengembangan KA di bidang pendidikan**, mendanai **kolaborasi lintas disiplin antara ahli KA dan pendidik**, serta **membangun infrastruktur digital** yang mendukung inovasi pembelajaran KA di seluruh negeri.
Malaysia	Kementerian Pertanian dan Keamanan Pangan Malaysia (MAFS) menggunakan KA dan teknologi digital terbaru untuk **memodernisasi sektor pertanian, peternakan, dan perikanan.** KA juga dikombinasikan dengan rekayasa genetika untuk **mengembangkan varietas tanaman dan ternak yang lebih berkualitas dan tahan terhadap kondisi sulit**, seperti bawang lokal dan nanas MS16. MAFS bekerja sama dengan Malaysia Digital Economy Corporation (MDEC) dan Aerodyne untuk menerapkan KA di berbagai sub-sektor, sehingga produksi menjadi lebih efisien dan berkelanjutan dalam skala besar.	MySejahtera, yang awalnya dikembangkan untuk memantau COVID-19, kini dikembangkan menjadi **platform kesehatan** yang lebih luas, **memanfaatkan KA untuk analisis data kesehatan masyarakat, mendukung pengambilan keputusan kebijakan kesehatan**, serta **memberikan akses data kesehatan kepada individu**	• Kebijakan dan Malaysia National Artificial Intelligence Roadmap 2021–2025 menekankan **integrasi pembelajaran KA dalam kurikulum, menyusun rancangan untuk memperluas pendidikan AI serta keterampilan teknologi digital agar siswa siap menghadapi tenaga kerja masa depan yang otomatisasi dan berbasis teknologi.** • KA telah diadopsi **untuk mengotomatisasi tugas-tugas administratif seperti penjadwalan kelas, absensi, dan evaluasi, sehingga tenaga pendidik** dapat lebih fokus pada proses pembelajaran dan interaksi dengan siswa.

Tabel 3.9 *Benchmark* Internasional untuk *use case* bidang Politik, Keamanan, Ekonomi dan Reformasi Birokrasi

Topik	Politik dan Keamanan	Ekonomi dan Keuangan	Reformasi Birokrasi
Amerika Serikat	KA digunakan untuk: • analisis *big data*, • **deteksi ancaman dan serangan siber** *real-time*, • **analisis komunikasi dan pola kegiatan mencurigakan** yang berpotensi mengancam negara, dan • mendukung **operasi kontra-terorisme dan pertahanan siber.**	• **Investasi** pada Proyek Stargate (**proyek infrastruktur KA terbesar)** • **Membangun pusat data berskala besar** yang mendukung pengembangan teknologi KA generasi berikutnya dan **berpotensi memperkuat sektor keuangan dan ekonomi**	Melalui **dasbor kota pintar, data *real-time* layanan publik** seperti kualitas udara, lalu lintas, dan tingkat kriminalitas disajikan secara terbuka. Ini meningkatkan transparansi dan partisipasi masyarakat dalam pengawasan serta perencanaan kota, memperkuat hubungan kepercayaan antara warga dan pemerintah.
Inggris	Penerapan regulasi yang ketat termasuk: • **pengawasan yang transparan,** • **pencegahan penyalahgunaan,** • **pelindungan HAM dan privasi .**	Memanfaatkan KA untuk: • mendeteksi pola anomali dalam transaksi keuangan pemerintah . • klaim asuransi sosial maupun skema dukungan ekonomi , dan • meningkatkan kepercayaan publik.	• KA meningkatkan presisi penjadwalan pengumpulan **sampah, *chatbot* untuk menangani fungsi layanan pertanyaan warga, dalam fungsi pelayanan sosial.** • KA untuk **mendeteksi anak yang memiliki kerentanan dan keluarga yang memerlukan intervensi lebih dini** . • KA untuk **deteksi penipuan pengisian form pajak ; *AI toolkit*** bernama "Humphrey".
Uni Eropa	**Pengaturan penggunaan teknologi *biometric identification* yang sangat ketat** (sesuai ketentuan *AI Act*) dalam rangka: • melindungi privasi warga • mencegah penyalahgunaan KA yang dapat • merusak kepercayaan publik dan nilai demokrasi	• KA digunakan untuk **memantau transaksi keuangan pemerintah, guna mendeteksi aktivitas penipuan atau penyalahgunaan dana.** • Memperbaiki **akurasi deteksi dengan audit dan pelaporan** yang transparan sesuai ketentuan *EU AI Act*.	KA untuk **otomatisasi proses administratif pemerintahan di kawasan Uni Eropa, analisis data besar (*big data*) untuk prediksi kebutuhan masyarakat, pengelolaan risiko, serta peningkatan transparansi** dan keresponsifan layanan publik di tingkat lokal dan regional.
Tiongkok	• **Pembentukan organisasi kerja sama internasional untuk tata kelola KA** yang seimbang antara inovasi dan keamanan. • **Mendorong koordinasi global untuk menetapkan standar KA** yang berkelanjutan • **Mengurangi persaingan destruktif** dalam pengembangan teknologi ini.	• **Pengembangan KA sebagai pilar utama** dalam strategi transformasi ekonomi nasional. • Investasi besar pada riset dan inovasi KA infrastruktur komputasi canggih dan laboratorium riset di seluruh negeri untuk memperkuat sektor keuangan dan ekonomi.	Tiongkok memberdayakan kementerian terkait, perusahaan milik negara, dan zona pilot kota pintar untuk **menguji dan mengimplementasikan berbagai solusi KA dalam pelayanan publik, yang mencakup sektor politik dan keamanan publik,** serta mendukung pengembangan "ekonomi cerdas" dan "masyarakat cerdas".
Jepang	• **Model regulasi yang adaptif** dan memberi ruang bagi perusahaan teknologi mengatur diri sendiri dengan bimbingan pemerintah. • **Perumusan regulasi yang berimbang** dan mengkaji kebijakan di AS dan Eropa sebagai referensi.	• **Kolaborasi antara pemerintah, industri, dan akademisi** dalam penelitian dan pengembangan KA. • Peluncuran berbagai proyek untuk mendukung pemanfaatan KA generatif. • Fokus pada pengembangan bakat KA melalui pendidikan juga melalui pelatihan khusus.	KA digunakan **untuk mempermudah layanan publik, antara lain dalam sistem pencarian barang hilang. Platform** yang dikembangkan di Tokyo telah memproses lebih dari 1,5 juta laporan dan mengembalikan sekitar 480 ribu barang, meningkatkan efisiensi dan pelayanan masyarakat sehari-hari.
India	KA digunakan untuk : • **analisis big data** • **deteksi dini ancaman keamanan** • **pengawasan sosial** • **mendukung penegakan hukum** • **meningkatkan respons cepat** terhadap potensi gangguan keamanan nasional / wabah *cybercrime*, • **menjaga hak privasi dan transparansi**	**Konsultasi publik dan pedoman untuk penggunaan AI/ML secara bertanggung jawab dalam pasar modal,** dengan fokus pada akuntabilitas, transparansi, dan mitigasi risiko bias teknologi KA dalam keputusan investasi dan pengawasan pada pasar.	KA **untuk otomatisasi layanan publik, termasuk untuk komunikasi masyarakat dan sistem pengawasan pelayanan publik yang berbasis *citizen-centric*.** Termasuk dalam perencanaan rute dan penjadwalan transportasi publik menggunakan KA generatif mulai digunakan untuk efisiensi komunikasi aduan dan peningkatan layanan publik.
Singapura	KA membantu m**emperkuat sistem pengawasan dan keamanan** melalui teknologi canggih yang **diintegrasikan dalam infrastruktur pemerintahan digital** di bawah payung Smart Nation 2.0	• Mendukung **otomatisasi proses administrasi keuangan dan prediksi data ekonomi untuk pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat**. • Bank dan lembaga pemerintah semakin mengandalkan AI untuk **deteksi penipuan, manajemen risiko, serta meningkatkan transparansi** pengelolaan dana publik.	KA **untuk otomatisasi *chatbot* dan asisten virtual bagi layanan publik, analitik data besar untuk pengambilan keputusan yang responsif, serta sistem *smart city*** yang meningkatkan efisiensi pengelolaan transportasi, energi, dan keamanan publik
Malaysia	**N/A**	**Mengintegrasikan KA yang aman dan bertanggung jawab. Regulasi fintech dan digital banking** diperkuat untuk mendukung layanan berbasis KA yang inklusif dan aman bagi masyarakat	KA untuk automasi layanan publik, **termasuk *chatbot* pelayanan, analisis data besar untuk pengambilan keputusan yang lebih responsif** di bidang kesehatan, pendidikan, dan tata kelola kota. KA juga dipakai untuk deteksi penipuan finansial dan peningkatan efisiensi administrasi pemerintahan

3.3 Kondisi yang Diharapkan

3.3.1 Etika

Penerapan nilai-nilai etika dalam pengembangan dan pemanfaatan Kecerdasan KA menjadi fondasi penting dalam membangun ekosistem KA yang adil, transparan, dan dapat dipercaya. Untuk memastikan penerapan etika yang konsisten dan kontekstual, diperlukan kerangka etika yang konkret, mekanisme validasi yang terbuka, serta ruang kolaboratif lintas pemangku kepentingan.

Tiga pilar berikut membentuk arah kondisi yang diharapkan dari sisi etika KA di Indonesia. Penjabaran konkret atas nilai-nilai etika dalam pengembangan, pemakaian, dan pengadopsian KA yang selaras dengan Surat Edaran Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 9 Tahun 2023 tentang Etika Kecerdasan Artifisial, temuan UNESCO AI *Readiness Assessment for Indonesia*, serta nilai-nilai dasar Pancasila. Dengan adanya acuan utama seperti kode etik KA Operasional dapat digunakan untuk menilai tingkat kematangan dan kesesuaian etika secara seragam di seluruh sektor. Referensi ini memuat prinsip-prinsip etika yang aplikatif agar dapat diterapkan secara langsung oleh pelaku di berbagai tahapan siklus hidup KA.

Selain sebagai pedoman praktis, kode etik KA juga berfungsi sebagai fondasi normatif bagi pengembangan kode etik sektoral sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik masing-masing domain. Dengan ini, kerangka etika nasional dapat diperkuat melalui pendekatan yang operasional, kontekstual, dan inklusif.

Selain kode etik KA, perlu adanya skema validasi yang memberikan pengakuan terhadap pelaku pengembangan dan pengadopsian KA yang telah menjalankan penilaian mandiri atas kesesuaian praktik mereka dengan nilai-nilai etika. Proses ini bersifat sukarela, berbasis evaluasi mandiri (*self-assessment*), dan tidak terkait dengan mekanisme perizinan atau kewajiban administratif. Melalui proses validasi etika KA, pelaku yang memenuhi standar etika berhak menerima bukti validasi KA beretika sebagai bentuk pengakuan atas komitmen mereka terhadap prinsip-prinsip etis. Skema ini memperkuat transparansi dan akuntabilitas dalam ekosistem KA, serta menjadi referensi dalam pemetaan tingkat kematangan etika di berbagai sektor, dan mengacu pada praktik dan standar internasional yang sudah diakui. Validasi etika KA meningkatkan kepercayaan publik terhadap aktor dan praktik KA yang berorientasi etika, serta dapat dimanfaatkan oleh pembuat kebijakan untuk melihat lanskap etika secara lebih menyeluruh.

Wadah lintas pemangku kepentingan terdiri dari kementerian, regulator, industri, organisasi masyarakat sipil, serta pakar dan akademisi yang secara transparan dan inklusif mengkaji dimensi etika dalam pengembangan dan adopsi KA di berbagai sektor juga menjadi salah satu hal yang diharapkan dapat tersedia. Bentuk wadah ini dapat berbentuk observatorium untuk menjalankan fungsi pemantauan dan evaluasi etis secara berkelanjutan, dengan cakupan terhadap aktor yang memberi dampak maupun yang terdampak. Hasil pengkajian observatorium mendukung penyusunan rekomendasi sektoral yang kontekstual dan ditunjang oleh sistem pengawasan berbasis data melalui papan pandu etika (*ethics dashboard*) yang dapat diakses secara terbuka.

Observatorium Etika KA dibentuk dengan tujuan bersama untuk membangun ekosistem KA yang bertanggung jawab, terbuka, dan inklusif. Peran observatorium bersifat kolaboratif dan konsultatif, bukan sebagai lembaga *super-regulator*, melainkan sebagai ruang bersama untuk refleksi, penyelarasan nilai, dan penguatan tata kelola etika KA lintas sektor. Model ini selaras dengan prinsip-prinsip tata kelola KA yang direkomendasikan secara internasional, misal oleh OECD, khususnya terkait kebutuhan akan koordinasi lintas sektor, keterlibatan multipemangku kepentingan, dan transparansi dalam pengawasan etika teknologi.

Dengan adanya ketiga aspek seperti kode etik KA operasional, validasi etika KA, dan observatorium etika KA, kerangka etika nasional untuk KA di Indonesia dapat terbentuk secara menyeluruh, mulai dari pedoman normatif, pengakuan terhadap praktik baik, hingga mekanisme refleksi dan pemantauan lintas sektor. Pendekatan ini memastikan bahwa pengembangan dan pemanfaatan KA tidak hanya berfokus pada inovasi dan efisiensi, tetapi juga berakar pada tanggung jawab sosial, keadilan, dan nilai-nilai kemanusiaan. Etika bukan menjadi penghambat kemajuan teknologi, melainkan pendorong bagi ekosistem KA yang berkelanjutan, inklusif, dan berpihak pada kepentingan publik.

3.3.2 Kebijakan

Kebijakan merupakan salah satu fondasi untuk mewujudkan kematangan ekosistem KA nasional, dimana KA menjadi pilar pengembangan ekonomi dan perubahan sosial masyarakat.

Dalam konteks ini, diharapkan peraturan perundang-undangan dan kebijakan yang dapat menyeimbangkan kebutuhan untuk mendorong inovasi dan pelindungan terhadap warga dari dampak buruk teknologi dapat diwujudkan. Kebijakan yang pro-inovasi yang berlandaskan pada prinsip-prinsip etika diharapkan mampu mendorong perkembangan KA yang etis, humanis dan bertanggung jawab.

Indonesia perlu memiliki kerangka tata kelola KA yang komprehensif dan relevan dengan konteks nasional. Perlu adanya pedoman teknis dan standar nasional yang terdefinisi dengan baik, yang diadopsi secara luas oleh industri dan pelaku usaha. Kerangka ini dirancang untuk memfasilitasi pengembangan dan pemanfaatan sistem KA yang etis serta bertanggung jawab di berbagai sektor.

Selain itu, dibutuhkannya pelindungan terhadap infrastruktur teknologi strategis nasional secara komprehensif oleh seperangkat aturan dan kebijakan yang terdefinisi dengan baik. Perlu adanya panduan teknis yang jelas, laporan penilaian risiko, rekomendasi perbaikan, dan sosialisasi secara efektif. Indonesia perlu memiliki kerangka kebijakan untuk KA yang komprehensif dan harmonis di berbagai sektor. Perlu adanya kerangka yang adaptif terhadap standar internasional yang terus berkembang dan dorongan interoperabilitas data melalui pemanfaatan SDI dan SPBE. Dibutuhkan pula dukungan efektif untuk investasi dalam pengembangan KA dan infrastruktur pendukungnya, menciptakan lingkungan yang kondusif bagi ekosistem KA nasional yang berkembang pesat.

Untuk mengakselerasi inovasi yang terbuka dan inklusif, diperlukan pembentukan ekosistem yang mendukung kolaborasi lintas sektor melalui pendekatan inovasi terbuka (*open innovation*). Ekosistem ini dirancang agar adaptif terhadap dinamika teknologi, mendorong keterlibatan aktif dari berbagai pihak mulai pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat sipil. Selain itu, diperlukan pedoman *sandbox* lintas sektor yang jelas dan terintegrasi, guna memfasilitasi uji coba teknologi secara aman namun fleksibel, tanpa mengabaikan prinsip-prinsip etika, pelindungan data, dan akuntabilitas.

Inovasi KA juga harus bersifat inklusif, dengan secara eksplisit memperhatikan kebutuhan kelompok rentan seperti anak-anak, perempuan, penyandang disabilitas, dan masyarakat adat. Dengan demikian, Indonesia tidak hanya menjadi pengguna teknologi KA, tetapi juga menjadi penggerak utama dalam pengembangan teknologi yang adil, bertanggung jawab, dan bermanfaat bagi seluruh lapisan masyarakat.

Untuk mengakselerasi dan menyinkronkan agenda KA Nasional perlu membentuk Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan yang berdedikasi. Fokus utamanya adalah mendorong inovasi KA yang menghasilkan nilai tambah signifikan bagi ekonomi digital nasional. Pada forum internasional, Indonesia harus secara aktif terlibat dalam diplomasi dan kolaborasi internasional. Perlu adanya kemitraan yang kuat dengan badan standar internasional dan pemimpin industri. Indonesia diharapkan memanfaatkan posisi strategisnya di forum internasional untuk membentuk perjanjian multilateral dan mempromosikan pengembangan KA yang bertanggung jawab. Dibutuhkan pula penyelenggaraan forum internasional KA di Indonesia yang menarik pemangku kepentingan global.

3.3.3 Infrastruktur dan Data

Kondisi optimal untuk konteks infrastruktur dan data pendukung KA adalah saat Indonesia menjadi pemimpin dalam pengembangan infrastruktur KA regional berdasarkan lima kategori.

Pertama, tersedianya tulang punggung komputasi nasional berupa infrastruktur komputasi berkinerja tinggi (*High Performance Computing*/HPC), klaster GPU/TPU, dan *cloud* nasional yang di*hosting* di pusat data berdaulat. Hal ini memungkinkan pelatihan dan inferensi model-model KA modern secara mandiri di dalam negeri dengan diperkuat melalui ekosistem terbuka bagi *Hyperscaler*, penyedia jasa GPU, atau solusi pengembangan KA, dengan tetap menjamin kemandirian data dan teknologi. Dengan demikian, data sensitif dan strategis dapat dikelola secara aman dan sesuai regulasi nasional. Kedua, tersedianya infrastruktur data terintegrasi. Platform ini berfungsi sebagai pusat pengelolaan, integrasi, dan pengamanan data dari berbagai sumber, baik pemerintah, industri, maupun akademisi. Melalui federasi data lintas lembaga, penerapan standar metadata, serta mekanisme berbagi data yang aman seperti *sandbox* dan *data trust*, platform ini mengubah data yang tersebar menjadi aset nasional strategis. Hal ini tidak hanya mempercepat inovasi lintas sektor, tetapi juga memastikan privasi dan keamanan data tetap terjaga.

Kemudian, tersedianya platform repositori model KA yang dapat berfungsi sebagai penyedia layanan perangkat lunak untuk mengakses model-model KA, alat MLOps, API terbuka, serta lokapasar (*marketplace*) solusi KA. Dengan adanya repositori model nasional, layanan pelatihan dan inferensi terpusat, serta lingkungan pengembangan satu atap, platform ini menurunkan hambatan adopsi KA dan mempercepat kolaborasi antara *startup*, peneliti, dan pemerintah. Fitur kolaborasi dan komunitas juga dihadirkan untuk mendorong pertumbuhan ekosistem inovasi KA di tingkat nasional. Lalu, tersedianya jaringan dan konektivitas yang berkapasitas tinggi, latensi rendah, dan inklusif yang dirancang untuk menghubungkan seluruh ekosistem KA nasional, mulai dari *backbone fiber* nasional, integrasi komputasi tepi (*edge computing*) dan 5G, hingga konektivitas ke daerah terpencil melalui satelit atau *broadband* komunitas. Dengan demikian, akses terhadap sumber daya KA dapat merata di seluruh Indonesia, mendukung aplikasi *real-time* seperti telemedisin dan *smart city,* serta memperkecil kesenjangan digital.

Pembangunan konektivitas ini mendukung target pemerintah dalam RPJPN 2025–2045, antara lain:

- Jangkauan jaringan fiber optik di tingkat kecamatan ditargetkan meningkat dari 70,53% (2023) menjadi 90% pada 2029, menjamin pemerataan akses digital nasional.
- Kecepatan transformasi digital nasional akan ditingkatkan, dengan target Indeks Transformasi Digital Nasional (ITDN) naik dari 49,20 (2022) menjadi 52,53 (2029).
- Indeks Pembangunan TIK (IPTIK) juga ditargetkan meningkat dari 5,90 menjadi 6,30 pada 2029, memperkuat fondasi digital nasional.
- Konsumsi listrik per kapita sebagai penopang ekosistem digital turut ditingkatkan dari 1.337 kWh menjadi 1.720 kWh pada 2029.

Akselerasi ini akan mendukung penyebaran sumber daya komputasi KA secara merata, memungkinkan pemrosesan data dan layanan *real-time* seperti telemedisin, *smart agriculture*, dan aplikasi perkotaan cerdas yang berkeadilan, efisien, dan berbasis data.

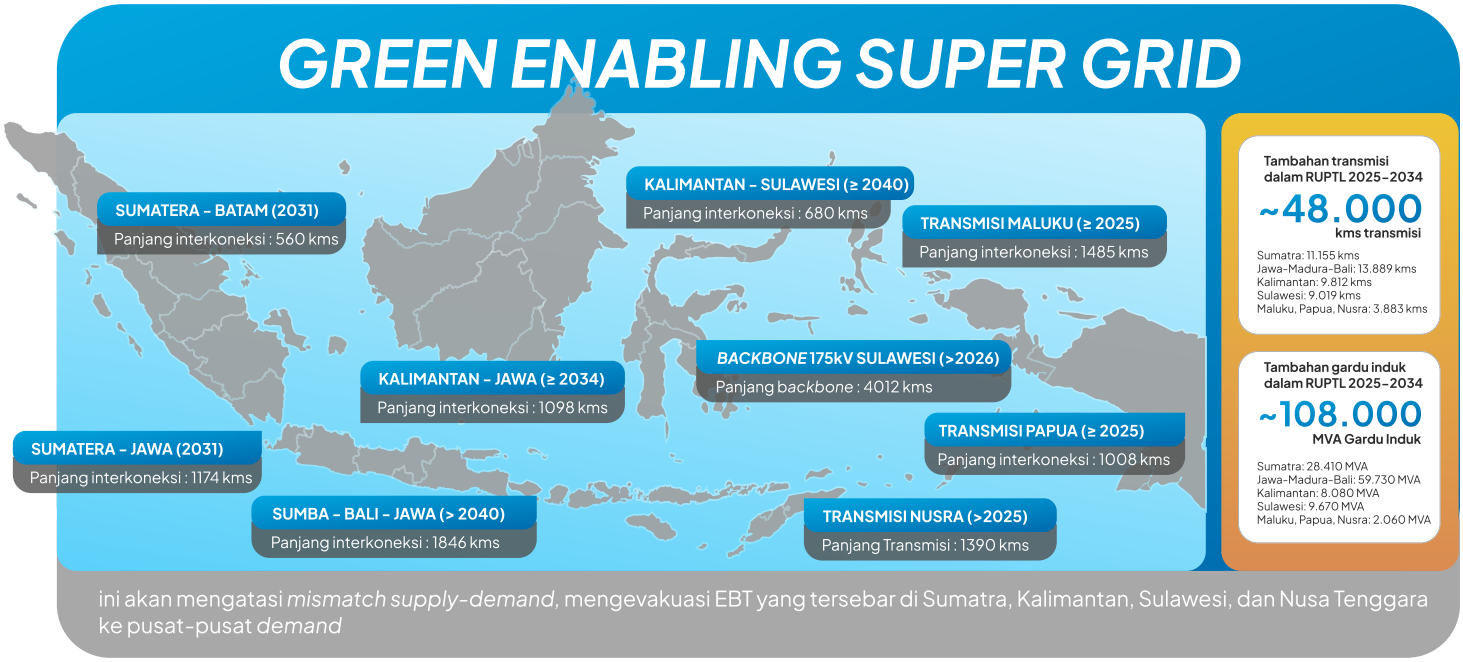
Terakhir, Indonesia memiliki kerangka keamanan dan tata kelola. Sistem ini mengadopsi prinsip *zero trust, privacy by design,* dan tata kelola multipihak yang melibatkan pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat. Arsitektur keamanan siber nasional, manajemen identitas dan akses berbasis peran, audit dan monitoring, dan sertifikasi model KA menjadi bagian integral dari pilar ini. Dengan demikian, kepercayaan, transparansi, dan akuntabilitas dalam penggunaan dan pengembangan KA dapat terjaga, sekaligus memastikan kepatuhan terhadap regulasi nasional.

Prinsip-prinsip desain yang mendasari infrastruktur KA nasional meliputi skalabilitas dan fleksibilitas agar mudah berkembang dan beradaptasi dengan teknologi baru, interoperabilitas melalui standar terbuka untuk mencegah silo data, serta keamanan dan pelindungan data pribadi yang diintegrasikan sejak tahap desain. Selain itu, ketahanan dan redundansi dihadirkan untuk memastikan infrastruktur tetap berfungsi meski terjadi kegagalan teknis atau bencana, sementara kedaulatan dan netralitas vendor dijaga dan menghindari ketergantungan pada satu penyedia. Efisiensi biaya dan keberlanjutan juga menjadi perhatian, dengan mengutamakan penggunaan energi hijau dan desain modular yang hemat biaya,serta integrasi dengan infrastruktur yang sudah ada. Seluruh desain ini juga selaras dengan peraturan nasional terkait data, pelindungan data pribadi, dan keamanan, serta siap menghadapi regulasi masa depan.

Namun demikian, semua fondasi infrastruktur KA tersebut bergantung pada satu syarat utama yang tidak dapat ditawar yaitu tersedianya pasokan energi yang andal, bersih, dan berkelanjutan.

Tanpa ketersediaan energi listrik yang stabil dan rendah emisi, pusat-pusat data KA tidak akan mampu beroperasi optimal, apalagi secara 24/7 seperti yang dibutuhkan untuk pelatihan dan inferensi model-model besar. Karena itu, pemerintah menempatkan energi khususnya energi baru terbarukan (EBT) sebagai prasyarat utama dalam pembangunan ekosistem KA nasional.

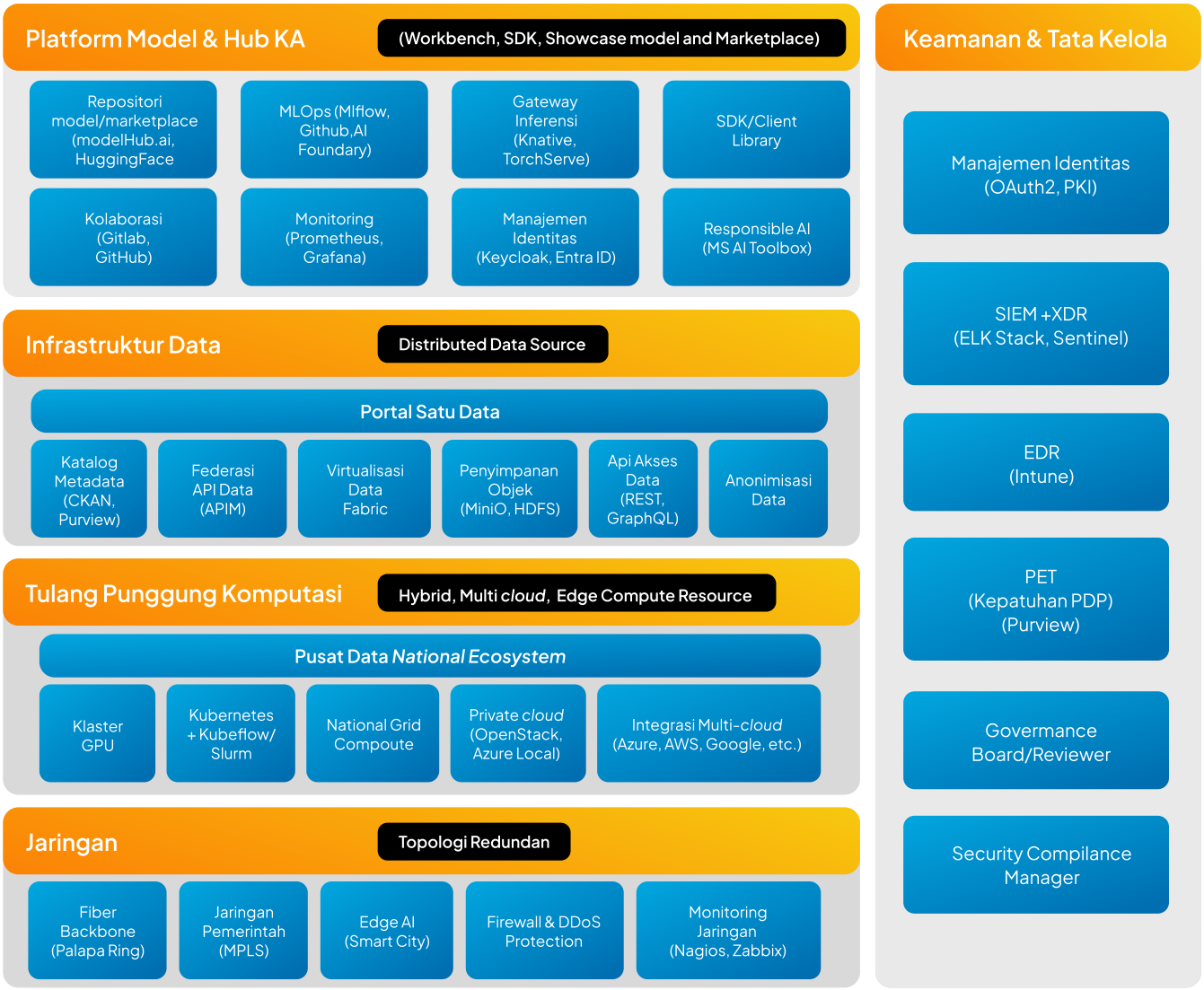
Upaya pengembangan *smart grid*, konversi pembangkit diesel ke EBT, serta pembangunan *Green Super Grid* adalah langkah konkret untuk memastikan bahwa pusat data KA memiliki akses pada energi hijau yang cukup dan terdistribusi merata. Dengan fondasi energi yang kuat, Indonesia tidak hanya membangun infrastruktur KA yang canggih, tetapi juga menjadikannya sebagai bagian dari strategi pembangunan nasional yang rendah karbon dan berkelanjutan.



Gambar 3.6 Pemetaan *Green Enabling Super Grid*
(Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2025–2034 PT PLN (Persero), 2025)

Kriteria	Kondisi Eksisting	Prediksi Kebutuhan/Target					
		2025	2026	2027	2028	2029	2030
LISTRIK/POWER							
Kapasitas Terpasang	± 101 GW						
Bauran EBT	±15%						
Cadangan Daya Nasional	±40%						
Tambahan Kapasitas Pembangkit		±4,5 GW	±4,6 GW	±4,7 GW	±4,8 GW	±4,9 GW	±4,4 GW
Proporsi EBT		±45%	±50%	±53%	±55%	±58%	±60%
Tambahan EBT		±2,0 GW	±2,3 GW	±2,5 GW	±2,6 GW	±2,8 GW	±2,6 GW

Gambar 3.7 Kriteria dan Prediksi Kebutuhan *Green Enabling Super Grid*
(RUPTL 2025–2034 PT PLN (Persero), 2025)



Gambar 3.8 Komponen *Building Blocks* untuk Ekosistem Infrastruktur KA Nasional

Pemerintah berperan sebagai pengelola inti dan penjamin kedaulatan, industri dan *hyperscaler* sebagai mitra teknologi dan penyedia kapasitas tambahan, akademisi dan komunitas sebagai sumber riset dan pengembangan talenta, serta masyarakat sebagai pengguna dan penerima manfaat utama. Model tata kelola multipihak memastikan setiap aktor memiliki peran jelas, hak akses yang terkontrol, dan tanggung jawab bersama dalam menjaga keberlanjutan ekosistem.

Dengan fondasi arsitektur yang kuat dan tata kelola yang inklusif, infrastruktur KA nasional akan menjadi *enabler* utama bagi berbagai skenario penggunaan, mulai dari layanan publik cerdas seperti telemedisin dan *chatbot*, pengembangan model bahasa dan budaya lokal, pertanian cerdas, pendidikan dan riset berbasis KA, industri 4.0, hingga manajemen bencana dan keselamatan publik. Setiap skenario ini melibatkan kolaborasi lintas sektor dan memanfaatkan seluruh pilar infrastruktur KA nasional, sehingga mempercepat inovasi, meningkatkan layanan publik, dan memperkuat posisi Indonesia sebagai produsen teknologi KA yang berdaya saing global.

Ekosistem infrastruktur KA yang kolaboratif akan makin kokoh apabila ada institusi atau mekanisme komunikasi terbuka lintas sektor yang dilaksanakan secara rutin, sehingga pemangku kepentingan mendapatkan gambaran konkrit mengenai kebutuhan pasar dan kemampuan proses pasar untuk memenuhi kebutuhan pengembangan dan adopsi KA. Apabila proses pasar gagal memenuhi kebutuhan tersebut, komunikasi terbuka lintas sektor khusus infrastruktur dapat menginformasikan kepada pemerintah mengenai pilihan intervensi kebijakan yang paling tepat. Mekanisme ini dapat mencontoh inisiatif Komdigi sebelumnya dalam Forum Ekonomi Digital Kominfo yang diselenggarakan secara cukup rutin dengan topik-topik bervariasi yang difokuskan oleh para peserta dan pemangku kepentingan sesuai kebutuhan.

3.3.4 Riset dan Inovasi Industri

Untuk mewujudkan riset dan inovasi industri KA nasional yang optimal, langkah pertama perlu dilakukan adalah menguatkan koordinasi kegiatan riset dengan suatu jejaring kolaborasi yang terintegrasi.

Jejaring ini dapat berfungsi sebagai simpul strategis antara akademisi, industri, lembaga riset, dan investor, sehingga dapat memudahkan periset maupun lembaga riset untuk menemukan kegiatan dan mitra yang sesuai, serta mencegah tumpang tindih kegiatan riset yang berujung inefisiensi dari sumber daya yang sudah terbatas. Selain itu, jejaring ini juga dapat menjadi kanal diplomasi teknologi bagi lembaga riset luar negeri yang ingin menggali potensi kolaborasi dengan ekosistem riset dan inovasi di Indonesia.

Pengembangan ekosistem ini harus didukung dengan penguatan kapasitas dan kapabilitas para perisetnya. Dukungan terhadap periset perlu mencakup skema insentif yang menarik, kemudahan pendanaan penelitian yang terarah pada prioritas nasional, serta penghargaan bagi periset berprestasi. Selain itu, akses terhadap pelatihan berkualitas memanfaatkan jejaring global perlu diperluas secara terencana untuk memastikan pertumbuhan kehandalan periset nasional yang merata dan berkelanjutan.

Keberhasilan riset dan inovasi juga sangat bergantung pada ketersediaan sumber daya riset dan inovasi yang memadai. Hal ini mencakup akses terhadap infrastruktur komputasi berkinerja tinggi serta data riset yang berkualitas, terkurasi, dan memiliki interoperabilitas yang baik. Pemanfaatan potensi data nasional secara optimal sebagai aset untuk riset dan inovasi dapat dicapai dengan integrasi data riset, sehingga memudahkan lahirnya inovasi KA yang kontekstual dan berdaya saing global.

Seluruh upaya tersebut perlu dinaungi oleh tata kelola riset dan inovasi yang diawali dengan pemetaan terhadap keunggulan tiap-tiap pusat riset KA. Dengan demikian, dapat dirumuskan agenda prioritas riset yang jelas serta kerangka kerja yang transparan, akuntabel, dan adaptif, sehingga mampu mendorong kolaborasi riset jangka panjang yang lebih inklusif, mempercepat alih dari hasil riset menjadi inovasi terapan, serta terintegrasi dengan proses untuk menghasilkan inovasi yang berdampak dan berdaya saing secara global.

Agar hasil riset tidak berhenti di pada publikasi akademik, maka proses transfer teknologi dan hilirisasi harus diakselerasi. Perlu ada mekanisme yang mempermudah pengelolaan aset intelektual dari perguruan tinggi dan lembaga riset untuk dikomersialisasikan. Agenda riset nasional yang terarah akan memastikan pemanfaatan sumber daya menjadi lebih efisien, menghindari duplikasi, dan mempercepat lahirnya inovasi KA yang solutif dan sejalan dengan prioritas pembangunan.

Selanjutnya, adopsi inovasi KA oleh industri perlu didorong agar meluas ke berbagai bidang prioritas. Hal ini dapat dicapai dengan menciptakan daftar produk hilirisasi yang terintegrasi dengan kebutuhan nasional dan memanfaatkan keunggulan data serta menjawab tantangan lokal. Dengan membangun ekosistem komersialisasi yang kondusif, maka hal ini dapat menunjang kepercayaan investasi terhadap riset dan inovasi KA Indonesia di tengah persaingan global.

Terakhir, untuk memastikan seluruh upaya memberikan dampak nyata, diperlukan sistem evaluasi yang komprehensif terhadap hasil riset dan inovasi KA di Indonesia. Mekanisme ini harus mampu mengukur dampak sosio-ekonomi, kualitas, dan keselarasan kegiatan riset dan inovasi KA terhadap agenda nasional. Hasil evaluasi ini menjadi ukuran dan timbal balik terhadap efektivitas pendanaan riset dan inovasi yang berdampak pada masyarakat.

3.3.5 Pengembangan Talenta

Pengembangan talenta KA harus dikelola melalui ekosistem pembelajaran yang terintegrasi, mencakup jalur pendidikan formal dan nonformal.

Pemetaan aktor-aktor kunci pengembang dan pengguna talenta KA seperti institusi pendidikan, lembaga riset, industri, dan pemerintah diperlukan agar pengembangan Talenta KA menjadi lebih terarah, inklusif, dan berkelanjutan. Setiap tahun diharapkan ada kenaikan jumlah talenta KA setidaknya 25% untuk memenuhi kebutuhan industri, UMKM, maupun instansi pemerintahan dalam adopsi KA.

Sistem pendidikan diharapkan mampu beradaptasi terhadap perubahan teknologi dengan adopsi KA dalam pembelajaran dengan melakukan reformasi kurikulum. Panduan nasional literasi KA perlu disusun dan diterapkan mulai dari jenjang PAUD hingga Perguruan Tinggi, termasuk lembaga pendidikan di luar Kemendikdasmen dan Kemdiktisaintek Dengan langkah ini, Indonesia menargetkan pada tahun 2030 setidaknya terdapat 20 juta masyarakat Indonesia yang telah terliterasi KA, termasuk kelompok rentan (penyandang disabilitas) dengan meningkatkan kelompok talenta terdampak KA (*AI impacted*) positif dibandingkan talenta kelompok tedampak KA negatif.

Pendirian *Digital Talent Center* (DTC) di setiap provinsi sebagai pusat pelatihan pengembangan talenta KA yang dilengkapi modul pelatihan kompetensi KA pada tiga level: pemula (*beginner*), menengah (*intermediate*), dan lanjut (*advanced*) diharapkan bisa menjadi salah satu fokus program pengembangan KA nasional. Program pelatihan KA diharapkan memberi kesempatan yang sama untuk semua Warga Negara Indonesia (WNI) termasuk kelompok rentan, perempuan, dan penyandang disabilitas, untuk memastikan inklusivitas dalam transformasi digital. Pertumbuhan industri KA perlu didorong melalui kolaborasi nasional dan internasional, termasuk keterlibatan talenta diaspora serta kerja sama dengan perusahaan global untuk mendukung penyerapan tenaga kerja terlatih dan transfer teknologi. Kolaborasi ini diharapkan mendorong lahirnya Talenta KA sebagai inisiator perusahaan rintisan (*startup*) KA dan memperluas akses ke industri global.

Lebih lanjut, pemerintah perlu memperhatikan pentingnya sertifikasi kompetensi berbasis *micro-skills* yang terintegrasi dengan unit kompetensi nasional untuk memastikan kualitas dan pengakuan profesional talenta KA. Skema ini akan menjembatani kesenjangan antara pelatihan dengan kebutuhan industri, sekaligus menjamin kredibilitas talenta yang dilatih. Tersedianya kompetensi KA yang diakui secara internasional menjadi prioritas, sehingga lulusan pelatihan dan pendidikan dapat terserap di industri global. Peta Okupasi Nasional perlu diperbarui untuk memasukkan bidang KA secara eksplisit, mencakup peta kompetensi bagi mahasiswa dan pekerja industri, kompetensi wirausaha untuk menciptakan industri KA, dan kompetensi jabatan fungsional ASN (10 jabatan utama) dalam kerangka transformasi digital pemerintah. Platform siap kerja juga menjadi penghubung utama antara lulusan pelatihan dan dunia kerja, memastikan peningkatan jumlah talenta KA yang diterima di industri. Selain itu, pemerintah menargetkan setiap tahun setidaknya 500 talenta bidang KA tersertifikasi dan dibina secara khusus sebagai pionir KA nasional.

Sebagai bagian dari strategi penguatan sektor, dilakukan pula peningkatan pemahaman strategis kepada para eksekutif industri dan perekrut agar mereka mampu melihat potensi KA dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan membuka peluang bisnis baru. Hal ini akan memperkuat permintaan dan pengakuan terhadap talenta bersertifikasi, menciptakan siklus yang sehat antara pendidikan, pelatihan, sertifikasi, dan penyerapan tenaga kerja. Ekosistem talenta juga diperkuat dengan program pendampingan diaspora, jaringan inkubator perusahaan rintisan (*startup*) KA, serta Fasilitas Inovasi Digital sebagai penghubung antara pelatihan, riset, dan perusahaan rintisan. Setiap tahun diharapkan terealisasi pengembangan Talenta KA setidaknya 30% Talenta Pengembang KA pemula (KKNI level 6) menjadi AI Specialist (KKNI level 8 dan 9) dan AI Practitioner (KKNI level 7). Selain itu, kolaborasi dengan industri global teknologi akan mempercepat tumbuhnya *spin-off startup* berbasis KA dari Indonesia.

3.3.6 Investasi dan Pembiayaan

Pengembangan ekosistem KA nasional sangat bergantung pada investasi dan pembiayaan yang terarah dan strategis.

Fondasinya adalah sistem pembiayaan yang strategis, inklusif, dan adaptif, yang secara efektif mendukung aktivitas ekonomi KA. Untuk menciptakan pasar solusi KA domestik yang matang dan berdaya saing, maka diperlukan fokus pada dukungan terhadap pengembangan produk KA dalam negeri dan implementasi kebijakan pengadaan barang dan jasa yang sesuai.

Pendanaan untuk pengembangan dan adopsi KA wajib memiliki arah yang jelas dengan memprioritaskan aspek yang sangat memerlukan pendanaan, seperti infrastruktur, talenta, atau kapabilitas data. Hal ini akan memudahkan identifikasi mitra pendanaan yang potensial. Penetapan prioritas ini, ditambah dengan parameter kebijakan investasi, insentif yang tepat, dan dukungan pemerintah yang terfokus, akan memikat lebih banyak pihak untuk mengonsentrasikan investasinya.

Sumber daya finansial berperan sebagai energi yang mendorong pertumbuhan ekosistem KA. Oleh karena itu, ketersediaan opsi pendanaan dan investasi yang beragam di Indonesia akan mempercepat akselerasi ekosistem ini. Untuk mewujudkan peluang pendanaan yang lebih luas, memperkuat ketahanan ekonomi ekosistem KA, dan memastikan aliran investasi sesuai dengan prioritas kebutuhan, kolaborasi multi-pihak menjadi penting. Kolaborasi ini akan membuka peluang berbagai kerja sama investasi dan memenuhi kebutuhan pendanaan melalui wadah kolaborasi yang kuat.

3.3.7 *Use Case*

Pengembangan *use case* kecerdasan artifisial (KA) harus selaras dengan visi pembangunan nasional.

Setiap inisiatif KA perlu diarahkan agar sejalan dengan dokumen strategis seperti Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045, RPJMN 2025–2029, dan Asta Cita. Penyelarasan ini krusial untuk memastikan bahwa KA diarahkan untuk menunjang transformasi digital nasional dalam rangka mengatasi tantangan Pembangunan nasional.

KA memiliki potensi *use case* yang beragam menurut kebutuhan spesifik dari sektor. Bidang-bidang strategis seperti ketahanan pangan, kesehatan, pendidikan, hingga ekonomi kreatif dapat memanfaatkan KA untuk mengakselerasi pencapaian program-program unggulan, seperti Makan Bergizi Gratis (MBG), cek kesehatan gratis, dan tes skrining Tuberkulosis untuk memberikan dampak langsung kepada masyarakat. Untuk memastikan keberhasilan adopsi tersebut maka diperlukan ketersediaan data dan infrastruktur sebagai syarat utama.

Dalam konteks penerapan *use case* di lingkungan pemerintahan, ini berarti penguatanantara kebijakan pengelolaan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) dan Satu Data Indonesia. Ekosistem data yang terintegrasi dengan interoperabilitas infrastruktur yang baik adalah fondasi pengembangan *use case* KA pada layanan publik.

Pengembangan *use case* KA tidak akan optimal tanpa adanya kolaborasi lintas sektor yang kuat. Oleh karena itu, kemitraan strategis yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat sipil harus terus diperkuat. Kolaborasi ini berfungsi untuk menyatukan sumber daya, keahlian, dan perspektif guna mempercepat implementasi solusi KA yang efektif. Mendorong adopsi KA yang masif juga memerlukan dukungan pembiayaan dengan skema pendanaan kreatif yang tidak hanya bergantung pada anggaran negara dan bisa berupa Kerja Sama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) untuk menarik partisipasi swasta dalam pendanaan proyek-proyek pengembangan KA. Untuk menjamin keberlanjutan, efisiensi, dan akuntabilitas dari seluruh upaya ini, dibutuhkan sebuah sistem informasi yang terpadu. Sistem ini akan berfungsi untuk memantau, mengevaluasi, dan mengelola portofolio *use case* KA sehingga pengembangan use KA dapat termonitor dan pengambilan keputusan dapat didasarkan pada data yang valid dan terbaru.

3.4
Analisis SWOT dan TOWS

3.4.1
Analisis SWOT

Analisis SWOT digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi Indonesia saat ini serta ruang perbaikan strategis ke depan terhadap tujuh aspek.

Tabel 3.10 Analisis SWOT Etika

Etika	
Kekuatan (*Strength*)	**Kelemahan (*Weakness*)**
• **Prinsip etika KA *human-centric*** telah diadopsi dalam kebijakan nasional melalui SE Menkominfo No. 9/2023 yang memuat sembilan prinsip etika KA. • **Keterlibatan lintas sektor** dalam praktik etika KA tercermin dari partisipasi pendidikan tinggi, akademisi, masyarakat sipil, dan industri media dalam forum dan inisiatif etika nasional. • **Kepercayaan publik** terhadap KA tergolong tinggi, ditunjukkan oleh persepsi positif masyarakat terhadap kontribusi KA dalam kehidupan sosial. • **Regulasi pelindungan data dan tata kelola data** telah tersedia melalui UU PDP, Inisiatif Satu Data Indonesia, dan *Open Government* Indonesia. • **Kesadaran publik akan privasi data** meningkat, tercermin dari tuntutan atas transparansi, akuntabilitas, dan keterjelasan sistem KA yang digunakan.	• **Kepatuhan terhadap SE Etika KA** masih rendah akibat belum adanya skema insentif atau mekanisme pendorong implementasi secara menyeluruh. • **Kapasitas lembaga pengawas KA** masih terbatas, ditandai oleh ketiadaan tenaga ahli seperti auditor atau inspektur KA yang mampu menilai bias, *fairness*, dan keamanan sistem. • **Literasi publik tentang etika KA** masih rendah, khususnya terkait konsep keadilan algoritmik, transparansi KA, dan hak atas penjelasan (*right to explanation*).
Peluang (*Opportunity*)	**Ancaman (*Threat*)**
• **Permintaan global dan regional terhadap KA** yang bertanggung jawab meningkat, membuka peluang pasar bagi industri lokal yang mengembangkan teknologi sejalan dengan prinsip-prinsip etika internasional. • **Kolaborasi internasional dalam etika KA** semakin terbuka melalui kemitraan dengan UNESCO, OECD, Singapura, Brasil, Jepang, Kanada, dan Uni Eropa untuk *benchmarking* kebijakan dan transfer pengetahuan. • **Kebutuhan pedoman etika sektoral KA** makin mendesak, seiring perbedaan karakteristik dan risiko etika di sektor seperti keuangan, kesehatan, pendidikan, dan layanan publik.	• **Risiko bias dan penyalahgunaan KA** dapat menghambat adopsi teknologi yang etis dan inklusif, serta memicu diskriminasi algoritmik dan penggunaan KA untuk tujuan berbahaya (*malicious use*). • **Kesulitan kontekstualisasi etika KA dengan nilai-nilai lokal** menjadi tantangan dalam mengadaptasi prinsip global ke dalam kerangka etika yang relevan secara kultural tanpa menghambat kolaborasi internasional. • **Penurunan kepercayaan publik terhadap KA** dapat mengancam keberlanjutan ekosistem, terutama jika terjadi kebocoran data, bias diskriminatif, atau keputusan otomatis yang merugikan kelompok rentan.

Tabel 3.11 Analisis SWOT Kebijakan

Kebijakan

Kekuatan (*Strength*)

- **Fondasi tata kelola KA** nasional telah terbentuk kuat melalui Strategi Nasional KA (Stranas KA), UU ITE, UU PDP, dan pedoman etika KA.
- **Ekosistem multipemangku kepentingan di sektor teknologi** tumbuh aktif, ditopang oleh asosiasi industri, kolaborasi riset, dan dialog lintas aktor yang berkelanjutan.
- **Regulasi pengembangan talenta digital telah disiapkan** melalui program seperti *Fresh Graduate Academy, Digital Leadership Academy*, SKKNI No. 299/2020, dan Desain Besar Manajemen Talenta Nasional.
- **Pengaturan sektoral berbasis risiko** dengan pendekatan *sandbox* memungkinkan inovasi tetap berkembang sambil menjaga standar pelindungan melalui mekanisme pengujian terbatas (*sandbox*).
- **Kerangka regulasi dan peta jalan infrastruktur digital nasional** telah tersedia, mencakup SPBE, interoperabilitas data, keamanan digital, dan sistem elektronik sektor publik-swasta.
- **Inisiatif tata kelola mandiri oleh sektor swasta** mulai berkembang melalui penerapan prinsip etika dalam pengaturan internal dan standarisasi proses bisnis.
- **Mekanisme *Public-Private Partnership* (PPP)** untuk pengembangan KA telah di atur dalam Perpres Nomor 38/2015 dan peraturan turunannya, meskipun masih terbatas pada penyediaan Infrastruktur.

Kelemahan (*Weakness*)

- Belum adanya **kerangka kebijakan lintas sektor untuk ekosistem KA** menghambat percepatan pengembangan KA nasional dan faktor pendukungnya, seperti infrastruktur, talenta, dan standardisasi teknis.
- **Ketimpangan digital** memperbesar risiko eksklusi kelompok rentan, seperti penyandang disabilitas, lansia, masyarakat adat, dan anak-anak berkebutuhan khusus, yang kurang terakomodasi dalam kebijakan KA saat ini.
- **Tata kelola** KA masih terfragmentasi antar lembaga, ditandai oleh minimnya harmonisasi kebijakan dan lemahnya koordinasi lintas kementerian, serta kebijakan etika KA yang masih bersifat sukarela seperti SE No. 9/2023.
- **Belum terbentuknya lembaga pengawas independen** PDP.
- **Belum adanya regulasi pemerintah yang mendukung** hasil-hasil inovasi riset dan inovasi KA, termasuk pembiayaan/investasi dan pengadaan barang/jasa implementasi dan inovasi KA.
- **Kesenjangan standar dan kesiapan industri KA nasional** masih tinggi, terlihat dari belum adanya standar minimum interoperabilitas sistem KA dalam negeri.

Peluang (*Opportunity*)

- **Partisipasi aktif dalam forum internasional** memperkuat posisi Indonesia dalam membentuk tata kelola KA global berbasis nilai nasional dengan keikutsertaan pada G20, ADGMIN, dan adopsi prinsip UNESCO.
- **Permintaan terhadap solusi KA dalam layanan publik dan sektor prioritas** meningkat signifikan dengan potensi kontribusi 10–12% terhadap PDB menurut McKinsey 2023.
- **Pemanfaatan *sandbox* regulasi untuk teknologi KA** semakin relevan dengan rekam jejak positif di sektor fintech dan healthtech yang dapat direplikasi.
- **Integrasi KA dalam agenda transformasi digital nasional** terbuka luas melalui program GovTech, SPBE, dan layanan publik digital berbasis KA.
- **Posisi strategis Indonesia dalam diplomasi teknologi digital kawasan** membuka peluang kepemimpinan regional dengan peran sebagai ekonomi digital terbesar di ASEAN.

Ancaman (*Threat*)

- **Lambatnya respons regulasi terhadap perkembangan KA** menciptakan ketidakpastian hukum akibat regulasi yang tidak harmonis dan tertinggal dari laju inovasi teknologi.
- **Risiko marginalisasi kelompok rentan dalam proyek KA** meningkat karena pengembangan sistem KA yang berfokus pada populasi umum tanpa pendekatan *inclusive-by-design*.
- **Peningkatan risiko kebocoran data dan serangan siber** karena standar keamanan dan mekanisme audit yang tidak memadai untuk infrastruktur nasional strategis dan sistem KA.

Tabel 3.12 Analisis SWOT Infrastruktur dan Data

Infrastruktur dan Data

Kekuatan (*Strength*)

- **Kebijakan tata kelola infrastruktur publik yang progresif** memungkinkan kerja sama pemerintah dengan pihak ketiga dalam pengembangan Pusat Data Nasional.
- **Program pemerataan infrastruktur jaringan digital** terus diperluas melalui penggelaran kabel bawah laut, *base transceiver station*, dan peluncuran satelit.
- **Daya saing industri teknologi digital dan pusat data nasional** terus meningkat, tercermin dalam peningkatan skor Indonesia dalam *World Competitiveness Report* 2024.
- **Ketersediaan layanan *cloud* dan pusat data yang beragam** mendorong efisiensi dan pilihan teknologi melalui kehadiran penyedia lokal maupun internasional.
- **Kebijakan tata kelola data yang mendukung interoperabilitas dan pelindungan data** telah mencakup arus data lintas negara, klasifikasi data pemerintah, dan pelindungan data pribadi.

Kelemahan (*Weakness*)

- **Penetrasi *fixed broadband* nasional masih rendah**, terutama di luar wilayah perkotaan, membatasi akses terhadap layanan KA berbasis *cloud* dan komputasi tepi (*edge computing*).
- **Kualitas koneksi seluler tidak merata** dan terkonsentrasi di area urban, menghambat akses setara terhadap infrastruktur digital di daerah tertinggal.
- **Birokrasi adopsi teknologi publik masih rumit**, yang menyebabkan perlambatan integrasi KA dalam layanan pemerintahan dan publik.
- **Wilayah layanan pusat data terkonsentrasi di Jakarta dan Batam**, sehingga membatasi ketersediaan infrastruktur lokal untuk daerah lainnya.
- **Kapasitas komputasi berskala tinggi masih terbatas**, ditandai oleh belum tersedianya infrastruktur *High Performance Computing* dan *cloud* domestik skala besar.
- **Ketergantungan terhadap jaringan fiber optik luar negeri tinggi**, khususnya melalui rute transmisi utama yang terhubung ke Singapura.
- **Kebijakan interoperabilitas data belum adaptif terhadap kebutuhan KA**, karena inisiatif seperti Satu Data Indonesia belum mencakup struktur data kompleks untuk model KA.
- **Tata kelola keamanan data publik masih terfragmentasi**, menyebabkan inkonsistensi pelindungan antarsektor dan tingkat pemerintah.
- **Semangat bagi-pakai data antarlembaga belum optimal**, terlihat dari masih terbatasnya akses data publik yang bisa digunakan lintas instansi.
- **Belum tersedia mekanisme audit teknologi berbasis KA**, yang diperlukan untuk menjamin transparansi, akuntabilitas, dan keamanan sistem KA yang digunakan publik.

Peluang (*Opportunity*)

- **Proyeksi ekonomi digital terbesar di ASEAN** memperkuat urgensi pengembangan infrastruktur KA, dengan nilai pasar diperkirakan mencapai 360 miliar dolar AS pada 2030.
- **Pertumbuhan pesat penyedia infrastruktur data** menciptakan peluang kolaborasi strategis, terlihat dari peningkatan jumlah *data center* dan layanan *cloud* lokal.
- **Kebutuhan layanan berbasis data meningkat seiring ekspansi ekonomi digital**, didukung tren pemanfaatan *big data* dan KA di sektor publik dan swasta.
- **Transformasi digital jadi prioritas nasional**, tercermin dalam RPJMN, SPBE, dan peta jalan digital pemerintah.
- **Alokasi dana TIK terus meningkat**, dengan dukungan pembiayaan APBN dan proyek-proyek strategis digital nasional.
- **Konsolidasi investasi melalui Danantara** memberi peluang pembiayaan proyek KA skala besar, sebagai dana investasi pemerintah Indonesia untuk sektor strategis.

Ancaman (*Threat*)

- **Ancaman serangan siber meningkat**, terlihat dari tren eskalasi insiden keamanan digital terhadap infrastruktur publik dan data sensitif.
- **Kerentanan geografis terhadap bencana alam**, seperti gempa dan banjir, berpotensi mengganggu stabilitas dan kontinuitas operasional pusat data dan jaringan.
- **Persaingan geopolitik global yang dinamis** dapat menghambat kerja sama internasional dan akses terhadap teknologi strategis seperti semikonduktor dan *cloud* KA.

Tabel 3.13 Analisis SWOT Riset dan Inovasi Industri

Riset dan Inovasi Industri

Kekuatan (*Strength*)

- **Produktivitas publikasi terkait KA yang tinggi** menunjukan minat dan kekuatan riset KA nasional
- **Ekosistem *startup* KA yang dinamis** mendorong laju inovasi dan adopsi teknologi tinggi di sektor swasta, dengan peningkatan jumlah *startup* berbasis AI dan investasi swasta dalam teknologi KA.
- **Konsolidasi kelembagaan riset yang progresif** memperkuat ekosistem inovasi nasional melalui kerja sama antarlembaga riset, kementerian, universitas, dan industri dalam pengembangan KA.

Kelemahan (*Weakness*)

- **Minimnya pemahaman riset KA yang beretika dan bertanggung jawab secara lokal** membatasi pengembangan teknologi yang inklusif dan dapat mengurangi kepercayaan publik terhadap sistem KA.
- **Pendanaan riset masih sangat rendah** dengan alokasi hanya 0,2% dari PDB nasional, jauh di bawah rata-rata global 2%, membatasi kapasitas inovasi KA.
- **Ketimpangan geografis dalam kegiatan riset KA** di Pulau Jawa memperlemah potensi inovasi di wilayah lain.
- **Keterbatasan kualitas dan kurasi data riset KA** menyebabkan fragmentasi sumber data riset dan menghambat integrasi riset untuk pengembangan teknologi yang komprehensif.
- **Jumlah peneliti KA Indonesia masih rendah** dan minimnya talenta periset terlatih tingkat lanjut, membatasi kapasitas inovasi.
- **Evaluasi hasil riset dan inovasi KA masih minim** sehingga efektivitas kebijakan dan arah strategis pengembangan teknologi sulit diukur secara akurat.

Peluang (*Opportunity*)

- **Ruang bagi riset dan inovasi KA terhadap program strategis pemerintah** dengan integrasi pemanfaatan KA pada layanan publik dan bidang strategis.
- **Adopsi KA oleh pelaku UMKM meningkat** didukung data sebanyak 42% UMKM mulai menggunakan solusi KA untuk efisiensi dan peningkatan daya saing.
- **Investasi sektor swasta dalam KA** menunjukkan tren positif dengan lebih dari 62% perusahaan Indonesia memulai uji coba *use case* KA.
- **Potensi integrasi data riset memperkuat fondasi inovasi KA** melalui akses data terintegrasi lintas lembaga untuk pengembangan solusi yang relevan dan kolaboratif.
- **Pemanfaatan *open innovation*** mempercepat pengembangan KA lokal dengan kolaborasi terbuka, dan adaptasi sesuai kebutuhan nasional.

Ancaman (*Threat*)

- **Tingginya popularitas dan daya saing aplikasi KA siap pakai luar negeri** menciptakan ketergantungan dalam negeri yang berisiko terhadap kemandirian ekosistem riset
- ***Vendor lock-in* oleh penyedia teknologi** menciptakan ketergantungan jangka panjang yang menghambat fleksibilitas inovasi dan integrasi sistem riset lokal.
- **Rentannya kepercayaan investor terhadap *startup* KA lokal** dapat memperlambat pertumbuhan inovasi karena minimnya pendanaan, edukasi pasar yang terbatas, dan kualitas produk yang belum matang.
- **Persaingan internasional untuk merekrut periset KA terbaik** dapat melemahkan kapasitas riset dan inovasi KA nasional.

Tabel 3.14 Analisis SWOT Pengembangan Talenta

Pengembangan Talenta

Kekuatan (*Strength*)

- **Bonus demografi generasi muda yang adaptif** menjadi modal utama dengan 70,72% penduduk usia produktif, didominasi Generasi Z (27,94%) dan milenial (25,87%).
- **Pendidikan digital dan KA menjadi prioritas nasional** didukung RPJMN 2025–2029 dan Perpres 108/2024 tentang Desain Besar Manajemen Talenta Nasional.
- **Kurikulum KA dikembangkan di seluruh jenjang pendidikan** dari PAUD hingga perguruan tinggi dan vokasi, melibatkan stakeholder lintas K/L, industri, dan masyarakat.
- **Transfer pengetahuan dari diaspora** didorong untuk memperkuat talenta lokal melalui agenda *brain circulation* dalam RPJPN 2025–2045 dan RPJMN 2025–2029.
- **Sistem Informasi Manajemen Talenta (SIMT) menjadi pusat data talenta nasional** yang memetakan, memantau, dan menyajikan portofolio digital talenta terbuka publik.
- **Kolaborasi lintas sektor dan sertifikasi meningkatkan kesiapan industri talenta KA** melalui kemitraan perguruan tinggi, BUMN, swasta, dan sertifikasi nasional maupun global.
- **Dukungan kebijakan dan insentif memperkuat ekosistem pengembangan talenta KA** dengan skema pembiayaan nasional dan global yang mulai dimanfaatkan.
- **Pasar lokal menyerap talenta KA di sektor prioritas** seperti *Agri-tech*, *Digital Health*, dan *Smart City*, selaras RPJPN 2025–2045 dan Desain Talenta Nasional.

Kelemahan (*Weakness*)

- **Ketiadaan peta serapan talenta industri menghambat *link and match*** karena minimnya data *supply-demand* talenta dan ekosistem integratif antarpemangku kepentingan.
- **Keterbatasan akses talenta KA bagi penyandang disabilitas dan kesenjangan gender** ditunjukkan dengan partisipasi perempuan hanya 36%, dipengaruhi diskriminasi dan kurangnya teknologi inklusif serta pendampingan.
- **Tenaga pendidik dan pelatih KA yang kompeten masih kurang dan belum** merata karena kompetensi terpusat di Jawa dan minimnya pelatih bersertifikat yang berdampak pada keterbatasan fasilitasi guru di daerah.
- **Minimnya infrastruktur dan pendanaan menghambat pengembangan inovasi KA** sehingga ruang belajar dan ekosistem inovatif belum terbentuk secara luas dan merata.
- **Literasi KA belum merata dan tidak tepat sasaran** karena program masih terpusat di kota besar, tidak menjangkau kelompok rentan, dan substansi belum sesuai kebutuhan pengguna.
- **Kemampuan berpikir kritis siswa masih rendah secara nasional** tercermin dari skor PISA 2022 hanya 19 dari 60, dengan hanya 5% siswa yang mencapai level mahir.
- **Keterampilan digital ASN sangat terbatas** karena kurang dari 1% ASN menguasai keterampilan digital lanjutan termasuk KA, dan tidak dijadikannya literasi digital sebagai indikator kinerja.
- **Fragmentasi proyek digital di sektor publik** menyebabkan lemahnya koordinasi dan kolaborasi sehingga pemanfaatan KA tidak optimal dan sektor publik kalah bersaing dengan swasta dalam mempertahankan talenta.
- **Kesenjangan kompetensi KA antargenerasi dan sektor UMKM** masih lebar disebabkan oleh pelatihan yang terbatas, infrastruktur digital belum merata, dan regulasi yang belum mendukung inklusi KA.

Peluang (*Opportunity*)

- **Dukungan kebijakan dan insentif global mendorong peningkatan kapasitas talenta KA**, ditunjukkan melalui *AI Challenge*, Hackathon, dan program Korea-ASEAN *Digital Academy* (KADA 2025).
- ***Brain circulation* memperkuat kontribusi diaspora dalam pengembangan KA nasional**, melalui peran sebagai mentor, peneliti, dan jejaring global.
- **Inovasi teknologi lintas sektor membuka peluang ekosistem KA**, melalui integrasi KA di *agri-tech, smart city*, dan *digital health*.
- **Dukungan finansial global mempercepat pembangunan infrastruktur dan pelatihan KA**, tercermin investasi dari perusahaan *Global Technology* di Indonesia.
- **Pengembangan talenta ASN diperkuat dengan sistem merit dan insentif**, melalui program *Digital Talent Scholarship* (DTS) dan pendanaan khusus berbasis meritokrasi.

Ancaman (*Threat*)

- ***Brain drain* talenta KA** terus terjadi akibat minimnya insentif dan ekosistem pendukung dalam negeri, dengan ribuan diaspora teknologi Indonesia bekerja di luar negeri.
- **Perubahan teknologi yang cepat** menuntut peningkatan kapasitas talenta secara berkelanjutan, namun hanya 9% pekerja TIK memiliki keterampilan digital terbaru.
- **Disrupsi pekerjaan oleh otomatisasi KA** menuntut *reskilling* massal, sementara 65% tenaga kerja berisiko tergantikan menurut WEF 2023.
- **Lambatnya penguatan talenta KA di sektor ASN** dipicu rendahnya kolaborasi dan budaya inovasi, tercermin dari minimnya pelatihan KA lintas instansi dan skor digitalisasi birokrasi yang stagnan.

Tabel 3.15 Analisis SWOT Investasi/Pembiayaan

Investasi/Pembiayaan

Kekuatan (*Strength*)

- **Komitmen pemerintah dalam pengembangan ekosistem KA** tercermin dari dukungan dalam visi pembangunan nasional, perencanaan strategis, regulasi teknologi, dan pembentukan kawasan ekonomi khusus.
- **Peran aktif lintas kementerian/lembaga dalam mendukung ekosistem KA** diwujudkan melalui koordinasi regulasi, fasilitasi investasi, dan pengembangan talenta oleh Pemerintah.
- **Tingginya jumlah *startup* teknologi di Indonesia** menjadi modal penting dalam pengembangan KA melalui populasi *startup* yang tumbuh pesat di sektor digital dan teknologi.
- **Masuknya investasi dan kerja sama internasional** mencerminkan dukungan eksternal terhadap penguatan ekosistem KA nasional melalui kolaborasi bilateral dan multilateral.
- **Pertumbuhan ekonomi digital nasional** membuka peluang pembiayaan KA dengan pertumbuhan pasar digital yang mendorong adopsi teknologi berbasis KA.

Kelemahan (*Weakness*)

- **Opsi pendanaan masih terbatas** sehingga para pihak yang terlibat dalam riset, infrastruktur, dan usaha KA tidak mendapatkan sumber daya finansial yang cukup.
- **Ketidakpastian regulasi** menghambat kepastian investasi akibat tumpang tindih dan kekosongan aturan pendanaan KA.
- **Kebijakan TKDN** menjadi disinsentif investasi karena tidak semua komponen KA tersedia dalam negeri.
- **Rendahnya kesiapan skema KPBU/PPP** membatasi pendanaan inovatif karena regulasi belum adaptif terhadap teknologi seperti KA.
- **Keterbatasan SDM pembiayaan teknologi** melemahkan kapasitas lembaga karena kurangnya keahlian dalam merancang investasi KA.
- **Persepsi risiko tinggi investasi KA** menurunkan minat investor karena insentif fiskal belum cukup menarik dan model bisnis belum mapan.
- **Lemahnya koordinasi antarpemangku kepentingan** menghambat orkestrasi pendanaan karena sinergi antarsektor belum sistemik.

Peluang (*Opportunity*)

- **Peran Badan Pengelola Investasi Daya Anagata Nusantara (Danantara) dalam pembiayaan proyek strategis digital** menguatkan infrastruktur pendukung KA dengan dukungan investasi dari *sovereign fund* untuk proyek pusat data dan teknologi.
- **Peluang pengembangan ekosistem KA berkelanjutan sejalan target SDGs** melalui pendanaan untuk teknologi hijau dan berkelanjutan yang terintegrasi dalam proyek berskala nasional.
- **Peningkatan pendanaan berbasis ESG dan SDGs** menciptakan momentum bagi investasi teknologi ramah lingkungan seperti *green AI*.
- **Minat investor global terhadap Indonesia tetap tinggi** dibuktikan oleh proyek bilateral dan FDI di sektor teknologi dan digital.
- **Potensi menjadi hub regional KA etis dan inovatif** didukung oleh populasi besar, bonus demografi, dan posisi geopolitik strategis ASEAN.
- **Skema KPBU/PPP membuka jalur pendanaan kreatif sektor KA** karena potensi kolaborasi lintas instansi dan investor global dalam pengembangan infrastruktur digital.
- **Regulasi KPBU/PPP yang adaptif terhadap teknologi KA** berpotensi mewadahi model pembiayaan baru yang relevan dengan karakteristik teknologi canggih.
- **Investor domestik dapat ditingkatkan perannya dengan insentif fiskal** dan pembentukan ekosistem pendukung untuk investasi lokal di sektor KA.

Ancaman (*Threat*)

- **Minimnya prioritas pada investasi KA** membuat pengembangan ekosistem kurang optimal karena sektor ini belum menjadi fokus utama pendanaan nasional.
- **Keterbatasan kapasitas fiskal dan kelembagaan nasional** menghambat penyerapan investasi besar karena kemampuan pembiayaan dan tata kelola investasi belum responsif terhadap kebutuhan KA.
- **Masalah reputasi *startup* lokal** menurunkan kepercayaan investor karena adanya kasus penipuan dan manajemen yang buruk di beberapa *startup* Indonesia.

Tabel 3.16 Analisis SWOT *Use Case*

Use Case

Kekuatan (*Strength*)

- **Kesesuaian program nasional dengan potensi KA** memberikan arah *use case* yang jelas karena 17 Program Asta Cita dan RPJMN mencakup isu strategis yang dapat ditangani KA.
- **Inisiatif integrasi data publik** mendukung *use case* berdampak besar karena Satu Data Indonesia memungkinkan penggabungan data lintas K/L.
- **Penerapan awal KA di swasta dan BUMN** menunjukkan kesiapan adopsi karena telah digunakan untuk layanan pelanggan dan efisiensi dokumen.
- **Jumlah organisasi (pemerintah dan swasta) pengadopsi KA yang besar** membuka potensi dampak luas karena skala adopsi dapat mendorong produktivitas nasional.

Kelemahan (*Weakness*)

- **Ketiadaan peta jalan pengembangan dan penerapan *use case* KA** menyebabkan kurangnya arah strategis karena belum ada panduan prioritas *use case* yang terstruktur dan nasional.
- **Keterbatasan anggaran untuk adopsi dan skalabilitas *use case* KA** menghambat inovasi sektor publik karena belum tersedia dukungan pendanaan yang cukup dan berkelanjutan.
- **Ketiadaan sarana pengelolaan *use case* dari sektor publik** mengakibatkan pemanfaatan sumber daya tidak optimal karena inisiatif-inisiatif KA terfragmentasi di sektor-sektor publik.

Peluang (*Opportunity*)

- **Keberadaan teknologi platform data awan** membuka peluang integrasi data lintas sistem karena teknologi *cloud* memungkinkan konektivitas antarinfrastruktur data K/L dan organisasi yang berbeda.
- **Potensi pengembangan skema Kerja Sama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU)** memperluas kolaborasi pengembangan *use case* karena skema KPBU mendukung pembiayaan dan risiko bersama dengan sektor swasta.
- **Akses pada praktik terbaik dan teknologi global** mempercepat adopsi *use case* nasional karena Indonesia dapat mengadopsi solusi dan teknologi global yang telah terbukti efektif.

Ancaman (*Threat*)

- **Tingginya daya saing KA luar negeri menciptakan ketergantungan kebutuhan KA dalam negeri** yang berisiko terhadap kemandirian ekosistem riset.
- ***Vendor lock-in* oleh penyedia teknologi menciptakan ketergantungan jangka panjang** yang menghambat fleksibilitas inovasi dan integrasi sistem riset lokal.
- **Rendahnya kepercayaan investor terhadap *startup* KA lokal** memperlambat pertumbuhan inovasi karena minimnya pendanaan, edukasi pasar terbatas, dan kualitas produk yang belum matang.

3.4.2 Analisis TOWS

Setelah dilakukan analisis SWOT, langkah selanjutnya adalah menyusun strategi berdasarkan kombinasi dari keempat elemen tersebut melalui pendekatan TOWS. TOWS merupakan pengembangan dari analisis SWOT yang bertujuan untuk merumuskan alternatif strategi secara lebih terarah dan aplikatif, dengan menghubungkan faktor internal dan eksternal secara sistematis.

Tabel 3.17 Analisis TOWS Etika

Strategi untuk Aspek Etika		
No	**Strategi**	**TOWS**
1	Bangun kolaborasi internasional dan nasional untuk memperkuat posisi Indonesia dalam diplomasi teknologi dan penyusunan *policy assessment* etika, dengan memanfaatkan jejaring kerja sama strategis global.	SO
2	Susun pedoman etika KA lintas sektor sebagai pedoman nasional untuk mendorong pengembangan teknologi yang etis dan bertanggung jawab, dengan mengadopsi prinsip OECD dan UNESCO.	WO
3	Kembangkan sistem insentif "*AI Ethics Compliance*" untuk mendorong industri mengadopsi prinsip etika, melalui skema sukarela yang melibatkan pemerintah, pelaku usaha, dan masyarakat sipil.	WO
4	Bangun kebijakan etika berbasis *benchmarking* internasional yang diadaptasi secara sektoral untuk meningkatkan kesesuaian dan legitimasi di sektor strategis seperti kesehatan, pendidikan, dan keuangan.	ST
5	Tingkatkan literasi pelaku sektor publik melalui forum, lokakarya, dan hackathon untuk mendorong kesadaran dan prototipe teknologi yang patuh etika.	ST
6	Percepat penetapan peraturan pelaksanaan UU PDP untuk mencegah penyalahgunaan KA dan memperkuat pelindungan warga berbasis tata kelola data yang etis.	ST
7	Perkuat kapasitas pengawasan dan infrastruktur pelaporan melalui pembentukan Observatorium Nasional KA untuk memantau dampak dan memberi rekomendasi kebijakan secara berkala.	WT
8	Adaptasi prinsip kode etik internasional melalui pendekatan lokal yang mengedepankan nilai-nilai seperti gotong-royong, keadilan sosial, dan transparansi, dengan membentuk kelompok kerja lintas sektor.	WT

Tabel 3.18 Analisis TOWS Kebijakan

Strategi untuk Kebijakan

No	Strategi	TOWS
1	Integrasikan kerangka kebijakan nasional dengan standar internasional untuk mendorong tata kelola KA yang akuntabel dan berbasis risiko.	SO
2	Libatkan pemerintah dalam forum standar internasional untuk mendukung interoperabilitas dan pengembangan KA yang bertanggung jawab.	SO
3	Perluas skalabilitas *sandbox* dan program prioritas KA untuk mempercepat inovasi lintas sektor dan pengujian kebijakan secara adaptif.	SO
4	Dorong diplomasi teknologi sebagai instrumen *soft power* untuk memperkuat posisi Indonesia dalam perumusan norma global KA.	SO
5	Percepat adopsi kebijakan *open innovation* untuk memperluas akses dan efisiensi pengembangan KA yang inklusif.	SO
6	Susun pedoman teknis dan standar nasional tata kelola KA berbasis konteks Indonesia untuk mendukung pengembangan KA yang aman dan bertanggung jawab.	WO
7	Harmonisasikan regulasi digital dan interoperabilitas data melalui pemanfaatan SPBE dan Satu Data Indonesia untuk mengatasi fragmentasi kebijakan.	WO
8	Tingkatkan literasi publik melalui kampanye dan kolaborasi multipihak untuk memperkuat pengawasan dan partisipasi masyarakat dalam pengembangan KA.	WO
9	Perkuat forum koordinasi *multi-stakeholder* untuk mempercepat penerapan program prioritas KA nasional dan *sandbox* sektoral.	ST
10	Perluas diplomasi standar dan regulasi KA untuk membentuk kesepakatan interoperabilitas dan nilai bersama di tengah dinamika geopolitik.	ST
11	Tingkatkan transparansi teknologi KA di sektor publik untuk membangun kepercayaan dan partisipasi masyarakat melalui sistem manajemen risiko terbuka.	ST
12	Giatkan edukasi literasi digital dan KA sejak dini melalui kolaborasi dengan institusi pendidikan dan komunitas lokal secara berkelanjutan.	ST
13	Harmonisasikan peraturan hukum pengembangan KA untuk mendorong investasi dan menekan dominasi platform global.	ST
14	Bentuk forum komunikasi dan koordinasi KA nasional untuk mensinkronkan kebutuhan dan prioritas inovasi pelayanan publik berbasis KA.	WT
15	Bentuk lembaga pengawas independen PDP dan Tetapkan standar keamanan teknologi untuk infrastruktur nasional strategis guna mengurangi risiko kebocoran data dan serangan siber.	WT
16	Kembangkan kerangka hukum tata kelola riset KA yang komprehensif dan adaptif untuk mempercepat inovasi yang sesuai kebutuhan nasional.	WT
17	Reformasi regulasi digital secara adaptif untuk mengatasi fragmentasi dan mengikuti perkembangan teknologi secara sinergis antar instansi.	WT

Tabel 3.19 Analisis TOWS Infrastruktur dan Data

Strategi untuk Infrastruktur dan Data

No	Strategi	TOWS
1	Optimalkan pemanfaatan infrastruktur *backbone*, *middle mile*, dan *last mile* untuk mempercepat ekonomi digital dan kontribusi KA pada PDB.	SO
2	Manfaatkan potensi data lokal dan bahasa asli untuk mendukung pembangunan infrastruktur KA nasional dan transformasi sektor publik.	SO
3	Bangun pusat data berkelanjutan berbasis energi hijau untuk mendukung pertumbuhan ekonomi digital yang ramah lingkungan.	SO
4	Tingkatkan kapasitas infrastruktur KA nasional melalui kerja sama PPP dan penguatan kesadaran akan kemandirian data yang aman dan bertanggung jawab.	SO
5	Integrasikan tata kelola data nasional untuk mengatasi fragmentasi dan meningkatkan kualitas data dalam transformasi digital sektor publik.	WO
6	Kembangkan infrastruktur komputasi dan perluas akses internet melalui kolaborasi lintas sektor untuk mendukung ekonomi digital yang inklusif.	WO
7	Bangun sumber energi terbarukan untuk mengatasi keterbatasan energi operasional HPC dalam ekosistem KA.	WO
8	Tingkatkan kolaborasi nasional untuk percepatan pembangunan infrastruktur KA dengan memanfaatkan momentum kesadaran pelindungan data pribadi.	WO
9	Implementasikan regulasi yang mendorong infrastruktur bersama antarpenyedia dan kerja sama K/L untuk perluasan jaringan KA.	WO
10	Perkuat ketahanan infrastruktur KA nasional terhadap bencana dan persaingan global dengan dukungan kebijakan dan penguatan kapasitas domestik.	ST
11	Kembangkan sistem keamanan data berbasis lokal untuk mencegah manipulasi dan kebocoran informasi dalam ekosistem KA.	ST
12	Tingkatkan kapasitas SDM lokal melalui pelatihan yang didukung infrastruktur dan kebijakan nasional untuk memperkuat ekosistem KA domestik.	ST
13	Bangun sistem kolaborasi *multi-stakeholder* untuk mengurangi ketergantungan teknologi luar dan memperkuat kesiapsiagaan siber nasional.	WT
14	Lakukan audit dan monitoring rutin infrastruktur KA untuk meningkatkan ketahanan terhadap bencana alam dan gangguan operasional.	WT

Tabel 3.20 Analisis TOWS Riset dan Inovasi Industri

Strategi untuk Riset dan Inovasi Industri

No	Strategi	TOWS
1	Percepat hilirisasi riset KA dengan insentif dan regulasi strategis untuk memperkuat relevansi dan kemandirian teknologi lokal.	SO
2	Optimalkan kolaborasi riset nasional dan internasional untuk mempercepat alih teknologi dan pengembangan kapasitas peneliti KA.	SO
3	Melakukan investasi jangka panjang dalam pengembangan periset KA melalui kemitraan industri-akademik untuk menjadikan Indonesia pusat talenta unggul.	SO
4	Manfaatkan potensi integrasi data riset nasional dan kebijakan afirmatif untuk mendorong riset dan inovasi KA lokal yang kontekstual dan berdaya saing global.	SO
5	Kembangkan periset KA unggul dan merata melalui pemerataan akses terhadap pelatihan, pengembangan kapasitas dan integrasi program riset dan inovasi industri.	WO
6	Perkuat ekosistem riset KA dengan integrasi data, pendanaan terarah, dan kolaborasi *multi-helix* yang produktif.	WO
7	Mendorong riset evaluatif yang mengukur adopsi dan dampak KA terhadap pembangunan sosio-ekonomi dengan data dan metode yang andal.	WO
8	Tingkatkan daya saing dan kepercayaan terhadap produk hilirisasi riset KA melalui inovasi berbasis kebutuhan lokal dengan pemanfaatan data riset nasional dan kampanye nasional untuk meningkatkan adopsi hasil inovasi KA nasional.	ST
9	Bangun ekosistem riset dan karir periset KA yang kompetitif untuk mempertahankan dan mengembangkan periset nasional.	ST
10	Perkuat posisi strategis Indonesia dalam ekosistem riset KA regional dan global melalui diplomasi teknologi, jejaring riset internasional dan keunggulan riset dan inovasi.	ST
11	Kembangkan sistem keamanan data berbasis lokal untuk mencegah manipulasi dan kebocoran informasi dalam ekosistem KA.	WT
12	Tingkatkan kualitas, relevansi, dan hilirisasi riset KA melalui evaluasi dampak yang komprehensif untuk membangun kepercayaan publik terhadap produk inovasi KA dalam negeri.	WT
13	Perkuat kolaborasi riset nasional yang fokus pada prioritas strategis dan efisiensi pendanaan untuk menghadapi persaingan global.	WT

Tabel 3.21 Analisis TOWS Pengembangan Talenta

Strategi untuk Pengembangan Talenta

No	Strategi	TOWS
1	Perkuat kemitraan pelatihan KA dengan teknologi global untuk perluas partisipasi generasi muda dalam program internasional berbasis keunggulan demografis dan dukungan investasi global.	SO
2	Integrasikan kurikulum KA nasional dengan kebutuhan sektor prioritas untuk tingkatkan relevansi dan penyerapan talenta lokal secara efektif.	SO
3	Kembangkan SIMT dan kolaborasi lintas sektor untuk hubungkan talenta KA dengan peluang industri global dan nasional berbasis ekosistem terbuka.	SO
4	Libatkan diaspora dalam program kolaboratif untuk percepat transfer teknologi dan peningkatan standar talenta nasional berbasis *brain circulation.*	SO
5	Percepat pelatihan dan sertifikasi ASN di bidang KA untuk dorong transformasi digital birokrasi melalui kebijakan merit dan dukungan pembiayaan.	SO
6	Bangun sistem integratif penyaluran talenta KA nasional dengan *global tech* dan diaspora untuk penuhi kebutuhan industri dan kurangi *mismatch* kompetensi.	WO
7	Dorong inklusi kelompok rentan dan disabilitas dalam program pelatihan KA internasional untuk mewujudkan keadilan akses dan penguatan partisipasi.	WO
8	Tingkatkan jumlah dan kompetensi pelatih bersertifikasi KA di luar Pulau Jawa melalui kemitraan global dan perluasan akses sertifikasi.	WO
9	Dorong investasi global dalam infrastruktur dan pusat inovasi KA untuk dukung pemerataan akses di daerah tertinggal dan wilayah UMKM.	WO
10	Gunakan ajang kompetisi KA sebagai sarana literasi publik yang menjangkau sektor non-TIK dan daerah tertinggal dengan pendekatan kontekstual.	WO
11	Kembangkan pelatihan KA berbasis kebutuhan UMKM melalui kemitraan global untuk percepat adopsi teknologi di sektor produktif lokal.	WO
12	Tingkatkan program *upskilling* dan *reskilling* tenaga muda berbasis kurikulum KA untuk menjaga daya saing menghadapi disrupsi otomasi.	ST
13	Susun kurikulum etika KA sejak usia dini untuk bangun kesadaran risiko sosial dan budaya tanggung jawab dalam penggunaan KA.	ST
14	Bangun kepemimpinan digital ASN untuk dorong adaptasi birokrasi terhadap perubahan cepat teknologi KA melalui sistem merit dan SIMT.	ST
15	Perkuat ekosistem pengembangan talenta berbasis sektor prioritas untuk talenta di dalam negeri melalui inkubasi dan peluang karir nasional.	ST
16	Perkuat kapasitas pelatihan keamanan siber berbasis KA untuk deteksi ancaman melalui kerja sama global.	ST
17	Bangun sistem digital *talent pool* nasional yang terintegrasi untuk pastikan penyaluran talenta KA sesuai kebutuhan dan kurangi *brain drain.*	WT
18	Memperkuat "*AI Center of Excellence*" dengan akses pendanaan dan jaringan (dukungan global dan jaringan diaspora).	WT
19	Percepat Reformasi Kurikulum & Pelatihan.	WT

Tabel 3.22 Analisis TOWS Investasi/ Pembiayaan

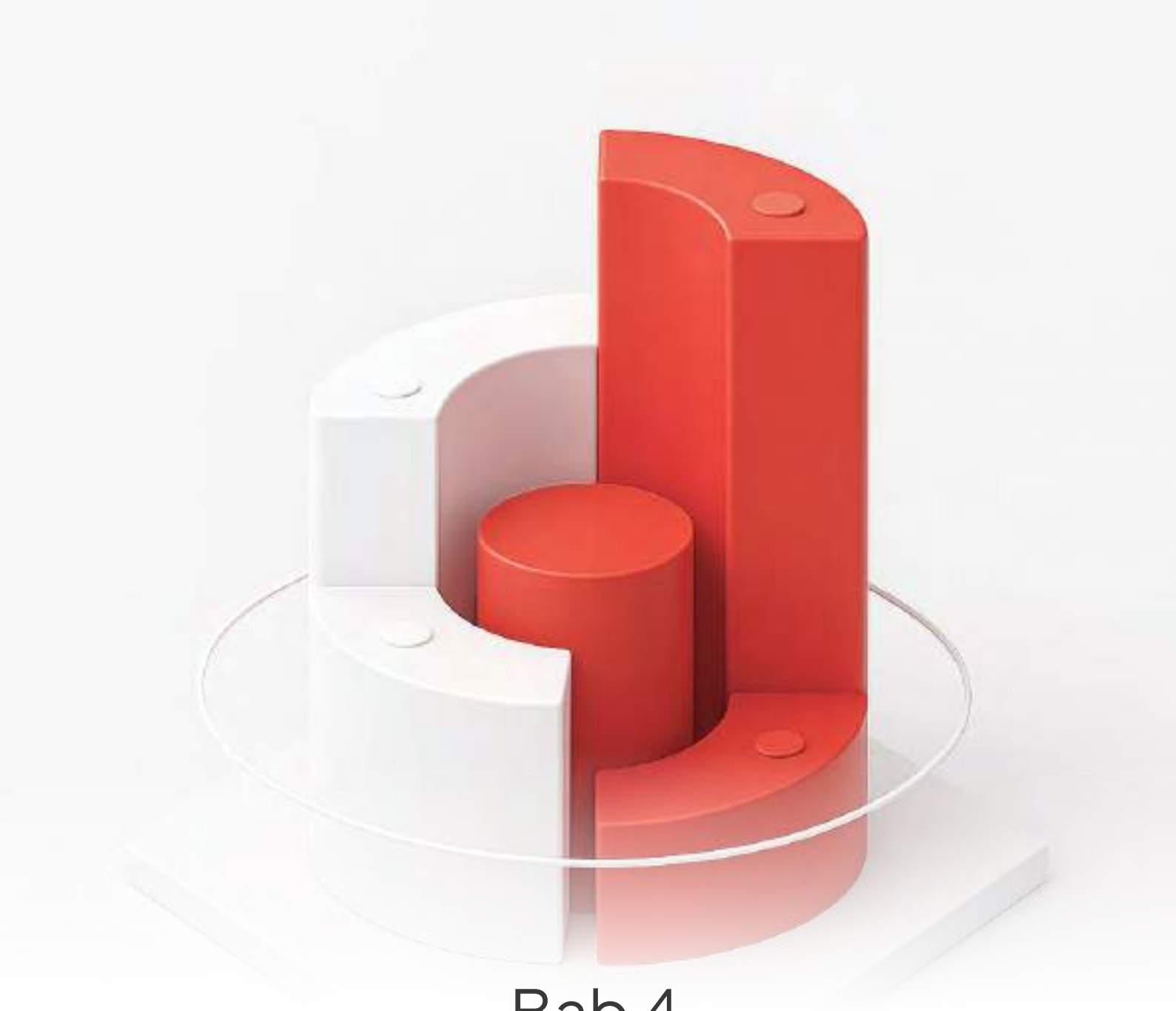
Strategi untuk Investasi dan Pembiayaan

No	Strategi	TOWS
1	Perkuat peran Danantara sebagai orkestrator investasi untuk mempercepat ekosistem pembiayaan nasional melalui kolaborasi multipihak dan insentif berbasis ESG.	SO
2	Optimalkan skema KPBU hijau untuk mendukung pendanaan proyek strategis KA melalui kolaborasi global dan instrumen pembiayaan berkelanjutan.	SO
3	Dorong kemitraan internasional untuk mendiversifikasi sumber pembiayaan KPBU dengan prinsip SDGs dan memperluas penetrasi investasi luar negeri.	SO
4	Bangun infrastruktur digital dan talenta KA melalui skema investasi strategis untuk memperkuat daya saing nasional.	SO
5	Manfaatkan posisi strategis Indonesia sebagai Hub Asia Tenggara untuk menarik investasi dan memperluas pangsa pasar KA.	SO
6	Dukung investasi awal *startup* KA dengan memperkuat dukungan fiskal dan kehadiran investor domestik dalam ekosistem pembiayaan.	SO
7	Kembangkan instrumen pembiayaan inovatif dan dana nasional untuk memperkuat kemandirian fiskal dan ekosistem investasi domestik.	WO
8	Perluas akses pendanaan awal bagi *startup* KA dengan insentif fiskal dan kemitraan strategis perusahaan modal ventura domestik.	WO
9	Terapkan digitalisasi perizinan dan transparansi pelaporan untuk memberantas korupsi dan meningkatkan kredibilitas iklim investasi KA.	ST
10	Prioritaskan investasi untuk riset dan *startup* KA melalui kolaborasi *triple-helix* guna memperkuat pertumbuhan inovasi nasional.	ST
11	Maksimalkan KEK sebagai pusat investasi dan insentif untuk mendukung pertumbuhan ekosistem KA berbasis kawasan.	ST
12	Diversifikasi sumber pembiayaan dan adaptasi kebijakan fiskal untuk melindungi investasi KA dari ketidakpastian global.	ST
13	Perkuat kelembagaan fiskal dan SOP lintas K/L untuk memastikan stabilitas dan transparansi investasi KA secara berkelanjutan.	ST
14	Finalisasi dan sahkan Peta Jalan KA Nasional untuk menjadi acuan strategis dalam penyusunan prioritas pendanaan dan investasi KA.	WT
15	Kembangkan ekosistem inkubasi dan pembiayaan *startup* KA dengan dukungan KEK, Danantara, dan insentif regulatif nasional.	WT
16	Jadikan APBN sebagai baseline pendanaan KA nasional untuk menjamin kesinambungan dan akuntabilitas fiskal jangka panjang.	WT

Tabel 3.23 Analisis TOWS Use Case

Strategi untuk *Use Case*

No	Strategi	TOWS
1	Adaptasi teknologi global pada *use case* strategis nasional yang mencakup namun tidak terbatas pada bidang-bidang prioritas: MBG, Ekonomi & Keuangan, Sekolah Rakyat, dan Koperasi Desa Merah Putih, untuk mempercepat pencapaian target pembangunan dalam RPJMN.	SO
2	Perkuat koordinasi SPBE dan Satu Data Indonesia untuk membangun kolaborasi lintas sektor dalam pengembangan *use case* AI sektor publik.	SO
3	Percepat penerapan *use case* di sektor swasta dan BUMN melalui replikasi praktik baik dan dukungan teknologi global	SO
4	Perkuat kemitraan lintas sektor untuk penerapan KA pada inisiatif nasional guna memperluas dampak sosial dan mempercepat transformasi layanan publik.	SO
5	Susun peta jalan nasional pengembangan *use case* untuk mengoptimalkan pembiayaan inovatif melalui skema KPBU.	WO
6	Susun panduan nasional integrasi KA untuk proyek strategis nasional sebagai acuan resmi bagi K/L/D dalam mendukung efisiensi dan akuntabilitas implementasi program.	WO
7	Bangun sistem nasional terpadu untuk memantau dan mengelola *use case* KA secara strategis dan efisien dengan mengadopsi praktik global dan prinsip kolaborasi multisektor.	WO



Bab 4

Bidang Prioritas Nasional

4.1
Ketahanan Pangan

4.2
Kesehatan

4.3
Pendidikan

4.4
Ekonomi dan Keuangan

4.5
Reformasi Birokrasi

4.6
Politik, Hukum dan Keamanan

4.7
Energi, Sumber Daya dan Lingkungan

4.8
Perumahan

4.9
Transportasi, Logistik dan Infrastruktur

4.10
Seni, Budaya dan Ekonomi Kreatif

Bidang Prioritas Nasional memuat bidang spesifik yang akan diarahkan secara strategis dalam pengembangan dan pemanfaatan *use case* KA agar berdampak maksimal, tepat guna dan berkelanjutan. Penentuan Bidang Prioritas Nasional mengacu pada RPJPN 2025–2045, RPJMN 2025–2029, dan Asta Cita agar inisiatif KA selaras dengan arah pembangunan nasional dan prioritas transformasi digital.

Penetapan prioritas nasional untuk *use case* KA dilakukan melalui pendekatan yang bersifat praktis, strategis, dan berbasis kebutuhan riil pembangunan. Untuk memudahkan penggunaan, pendekatan ini tidak langsung menggunakan angka atau skoring kuantitatif.

Penilaian awal dilakukan secara kualitatif berdasarkan konsensus ahli dan pemangku kepentingan lintas sektor, mempertimbangkan narasi strategis, konteks sektoral, dan kebutuhan aktual masyarakat.

Pemilihan *use case* KA dilakukan melalui metodologi bertahap dan terstruktur, dengan tahapan sebagai berikut:

Tahapan	Penjelasan
(01) Penjabaran Program Strategis RPJPN 2025–2045	Proses diawali dengan mengacu pada Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) hingga tahun 2045. Dari RPJPN ini, semua program strategis pemerintah diidentifikasi dan dijabarkan secara komprehensif. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap *use case* KA yang dipilih memiliki fondasi yang kuat dalam agenda pembangunan nasional jangka panjang.
(02) Pembagian Bidang Prioritas Berdasarkan RPJMN dan Strategi Nasional KA	Program-program strategis diselaraskan dengan RPJMN berupa 10 bidang prioritas. Pemilihan bidang-bidang ini juga mempertimbangkan Stranas KA untuk memastikan koherensi antara inisiatif-inisiatif KA dengan arah kebijakan nasional yang lebih luas. Pembagian ke dalam bidang prioritas memungkinkan fokus yang terarah dalam identifikasi *use case* KA.
(03) Pemilihan *Use Case* Melalui Konsensus	Proses pemilihan *use case* dilakukan secara konsensus, melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Identifikasi *use case* didasarkan pada analisis masalah-masalah krusial yang dihadapi masyarakat, yang bersumber dari liputan media dan masukan dari para ahli di kementerian, lembaga pemerintah, dan sektor swasta. Pendekatan multi-sumber memastikan relevansi dan urgensi *use case* yang dipilih.
(04) Identifikasi *Quick Win*	Dari keseluruhan *use case* yang telah diidentifikasi, dilakukan penyaringan lebih lanjut untuk memilih *Quick Win*. Kriteria penentuan *Quick Win* mengacu pada PM PANRB Nomor 13 Tahun 2011 tentang Pedoman Pelaksanaan *Quick Win*, yang mensyaratkan bahwa dampak atau hasil dari *use case* tersebut harus dapat terlihat dan dirasakan oleh masyarakat dalam kurun waktu satu tahun. Pemilihan *Quick Win* ini penting untuk menunjukkan nilai dan potensi KA secara cepat, membangun momentum, dan memvalidasi keberhasilan inisiatif strategis.

Bidang-bidang prioritas *use case* KA meliputi **Ketahanan Pangan, Kesehatan, Pendidikan, Ekonomi dan Keuangan, Reformasi Birokrasi, Politik, Hukum dan Keamanan, Energi, Sumber Daya dan Lingkungan, Perumahan, Transportasi, Logistik dan Infrastruktur serta Seni Budaya dan Ekonomi Kreatif**.

4.1
Ketahanan Pangan


Sumber Gambar: Gemini AI

Di tingkat makro, masalah ketahanan pangan nasional dipengaruhi oleh faktor struktural seperti rendahnya produktivitas dan efisiensi input produksi. Ketidakakuratan data stok dan impor, rantai distribusi yang tidak efisien, serta ketidakpastian pasokan pangan menambah kompleksitas pengelolaan pangan nasional (WRI Indonesia, 2024). Sektor pertanian belum cukup adaptif terhadap perubahan iklim, dengan irigasi dan hasil panen kurang responsif terhadap cuaca ekstrem, serta minimnya prediksi dini dampak iklim yang mengancam produktivitas (IPCC, 2023).

Program MBG merupakan salah satu upaya utama pemerintah dalam mengatasi masalah malnutrisi dan meningkatkan ketahanan pangan, terutama bagi anak-anak dan ibu hamil (Badan Gizi Nasional, 2025). Namun, efektivitas program ini terkendala oleh kurangnya sinergi antar kementerian dan lembaga terkait yang menghambat koordinasi serta berimplikasi pada rendahnya akuntabilitas penerima manfaat. Sistem data yang belum terintegrasi menyebabkan tidak tersedianya umpan balik akurat mengenai status gizi untuk perencanaan menu yang sesuai kebutuhan spesifik anak. Kampanye gizi yang bersifat satu arah dan kurang terukur memperparah kondisi, sehingga anak berisiko gizi buruk sering terlambat terdeteksi dan mendapat intervensi yang tidak optimal.

Pada implementasinya, menu sekolah kerap tidak seimbang nutrisi karena keterbatasan tenaga ahli gizi, ketergantungan pada bahan makanan dari luar wilayah, serta makanan yang tidak disesuaikan dengan selera lokal (Kementerian PPN/Bappenas, 2023; Kompas, 2025). Selain itu, biaya distribusi tinggi, inspeksi bahan baku yang masih manual, hingga risiko kontaminasi menjadi hambatan serius, terlebih dalam menjangkau daerah terpencil yang masih sulit didistribusikan secara merata dan tepat waktu. Hambatan lain termasuk banyaknya sisa pangan yang tidak termonitor serta rendahnya kepatuhan anak dalam mengonsumsi MBG (Kompas, 2025). Secara keseluruhan, potensi penyimpangan dalam pengadaan dan distribusi MBG, kurangnya sistem pengawasan dan pelaporan yang akurat, serta lemahnya monitoring dan evaluasi indikator kinerja program menghambat pencapaian tujuan nutrisi dan ketahanan pangan secara berkelanjutan (DJP Kemenkeu, 2024).

Potensi Solusi Menggunakan KA

Poin utama dalam Asta Cita yang berkaitan dengan ketahanan pangan terletak pada misi kedua, yaitu memantapkan sistem pertahanan keamanan negara dan mendorong kemandirian bangsa melalui swasembada pangan, energi, dan ekonomi hijau serta biru. Misi ini menegaskan komitmen pemerintah untuk memperkuat ketahanan pangan nasional secara inklusif dan berkelanjutan, yang sangat relevan dengan upaya peningkatan kualitas gizi dan akses pangan bergizi bagi masyarakat, termasuk melalui program MBG. Selain itu, misi ketiga tentang pembangunan infrastruktur juga mendukung konektivitas dan efisiensi distribusi pangan sehingga mempermudah pemerataan akses, terutama ke daerah terpencil. Seluruh misi ini sejalan dengan visi besar Indonesia Emas 2045, yang menempatkan ketahanan pangan dan pengembangan sumber daya manusia sehat sebagai fondasi ketahanan dan kesejahteraan bangsa. Beberapa potensi pengembangan dan pemanfaatan KA di bidang Ketahanan Pangan adalah sebagai berikut:

Prediksi panen (01)

KA dapat digunakan untuk memprediksi hasil panen secara nasional atau regional di Indonesia dengan menggunakan data cuaca terkini dan juga sensor kondisi tanah. Hal ini akan sangat membantu untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional dan menghindari kegagalan panen.

Produktivitas lahan (02)

KA dapat digunakan untuk meningkatkan produksi lahan pertanian dan perkebunan dengan menggunakan input data citra satelit (penginderaan jauh) dan cuaca, sehingga lahan kosong atau tidak produktif dalam dioptimalkan.

Pengembangan menu MBG (03)

KA dapat digunakan untuk pengembangan menu MBG yang optimal sekaligus memaksimalkan biaya yang bertanggung jawab, dimana sistem KA mengolah data gizi dan preferensi kekayaan pangan lokal untuk menghasilkan variasi menu seimbang untuk dapat disesuaikan dengan kondisi efisiensi anggaran negara yang tinggi.

Pemantauan sumber bahan baku (04)

KA dapat digunakan untuk mendukung sistem pemantauan (*dashboard realtime*) untuk memonitor pengelolaan vendor, wilayah pemasok bahan baku, secara adaptif berdasarkan kualitas ketersediaan, dan harga bahan pangan riil di pasar. Hal ini juga dapat digunakan untuk menyerap suplai lokal secara efisien dan responsif yang dihubungkan dengan kebutuhan pemenuhan pangan dan program MBG.

Prediksi permintaan berbasis wilayah (05)

KA dapat diterapkan untuk membuat prediksi permintaan untuk pemenuhan konsumsi MBG (gizi, pangan, dsb) berbasis kewilayahan. dengan memanfaatkan KA, diharapkan *use case* dapat membuat prediksi kebutuhan pangan periodik sesuai tren konsumsi, musim/iklim dan faktor eksternal lain seperti kondisi ekonomi, sehingga stok pangan dapat dikelola dengan proporsional.

Optimasi distribusi dan logistik (06)

KA dapat diterapkan untuk optimasi rute distribusi dan simulasi logistik untuk memastikan pangan dapat didistribusikan secara tepat waktu dan merata, khususnya menjangkau daerah terpencil dengan biaya minimal dan risiko terkecil. Teknologi ini memungkinkan perencanaan rute berdasarkan kondisi jalan, cuaca, dan kapasitas kendaraan, sehingga memperbaiki efisiensi dan keamanan distribusi pangan.

Pengolahan limbah makanan (07)

KA dapat memantau limbah makanan secara *real-time* menggunakan teknologi pengenalan gambar dan sensor cerdas, seperti yang diterapkan dalam. Sistem ini mengidentifikasi jenis dan jumlah limbah makanan sehingga membantu dapur dan pengelola melakukan penyesuaian komposisi memasak pada periode berikutnya, mengurangi sisa makanan yang terbuang dan mendukung prinsip ekonomi sirkular dalam program MBG.

Pemantauan kondisi dapur (08)

KA dapat membantu monitoring pelaksanaan dapur MBG dalam memastikan kebersihan dan kualitas makanan. Sistem ini mengidentifikasi pengelola ketika melakukan proses memasak apakah menggunakan peralatan dengan ideal.

4.2 Kesehatan


Sumber Gambar: Gemini AI

Indonesia menghadapi tantangan serius dalam sektor kesehatan, termasuk sulitnya deteksi dini *stunting* pada balita yang masih bergantung pada pencatatan manual dan tidak sistematis, serta tingginya kasus Tuberkulosis (TBC) laten yang terlambat terdeteksi akibat proses pelacakan kontak yang lambat. Pasien kronis, terutama lansia, juga mengalami kesulitan pemantauan yang konsisten sehingga meningkatkan angka rawat ulang dan beban sistem kesehatan. Selain itu, rekam medis yang tidak terstruktur dan keterbatasan waktu tenaga medis memperlambat pengambilan keputusan klinis yang efektif. Program pemeriksaan kesehatan gratis yang diluncurkan sejak 2025 juga menghadapi kendala berupa keterbatasan infrastruktur, tenaga kesehatan di wilayah terpencil, kesenjangan akses digital, serta rendahnya kesadaran masyarakat dalam memanfaatkan layanan tersebut secara optimal (Kemenkes RI 2025; OpenGovAsia, 2025). Di sisi lain, sistem klaim kesehatan nasional masih menghadapi risiko klaim ganda dan penyalahgunaan tarif yang mengancam keberlanjutan Jaminan Kesehatan Nasional (JKN).

Permasalahan keamanan data juga sangat krusial, dengan kebocoran data pribadi jutaan peserta BPJS Kesehatan dan Ketenagakerjaan yang menunjukkan lemahnya sistem pelindungan data di institusi kesehatan, menghadapi ancaman siber yang semakin canggih. Kompleksitas integrasi sistem kesehatan yang masih berjalan secara terpisah, kurangnya standar interoperabilitas, minimnya protokol keamanan seperti enkripsi dan autentikasi ganda, serta kurangnya pelatihan staf dalam pelindungan data semakin memperbesar risiko pelanggaran. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan kolaborasi pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat guna membangun sistem kesehatan yang lebih efektif, aman, dan inklusif (Badan Pengawas Keuangan dan Pembangunan [BPKP], 2024; Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi [Menpan RB], 2021; Setjen Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [Setjen Kemenkes], 2024). Selain itu, saat ini data pengawasan sediaan farmasi dan olahan pangan dilakukan secara manual dan tidak akurat. Hal ini menyebabkan sulitnya analisis ketersediaan farmasi dan berisiko menyebabkan kurang optimalnya pengadaan dan pemenuhan kebutuhan.

Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 menempatkan kesehatan sebagai fokus utama pembangunan sumber daya manusia dengan target cakupan Jaminan Kesehatan Semesta (UHC) mencapai minimal 98,6% penduduk pada 2025, menurunkan prevalensi *stunting* menjadi 14,2% pada 2029, dan mendorong eliminasi TBC sebelum 2030 sekaligus memperkuat keberlanjutan pembiayaan program JKN. Untuk mencapai tujuan ini, pemerintah mengembangkan ekosistem KA di sektor kesehatan yang menerapkan konsep *continuum of care*, mulai dari pengumpulan data promosi dan pencegahan melalui edukasi dan penilaian risiko nutrisi ibu dan anak, deteksi dini menggunakan *screening stunting* dan radiologi TBC berbasis *machine learning*, hingga pengambilan keputusan terapi personal yang terintegrasi dengan rekam medis nasional Satu Sehat dan analitik klaim JKN secara *real-time*. Pendekatan ini selaras dengan Asta Cita 4 yang mengedepankan penguatan kualitas SDM melalui sistem pelayanan kesehatan nasional yang inovatif dan terintegrasi (Bappenas, 2025; Kemenkes RI, 2025; OpenGovAsia, 2025):

Deteksi dini tengkes (*stunting*) (01)

Menggunakan KA pada data antropometri, foto anak, dan faktor risiko lingkungan untuk mendeteksi dini potensi *stunting*. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan aplikasi *mobile* bagi kader kesehatan dan orang tua, memudahkan pemantauan tumbuh kembang secara *real-time* dan pemberian edukasi personalisasi. Selain itu, data nasional yang terpusat dan terpadu dapat dianalisis untuk memetakan wilayah rawan *stunting* dengan menggunakan KA. Hal ini dapat membantu Pemerintah dalam mengoptimalkan penurunan angka *stunting* berbasis data di wilayah-wilayah rawan.

Pemantauan pasien kronis dan lansia (03)

Penggunaan sensor *wearable* dan telemedisin berbasis KA untuk memantau kondisi kesehatan pasien kronis secara kontinu, dengan fitur prediksi risiko rawat ulang (*re-admission*) dan notifikasi dini kepada tim medis untuk intervensi tepat waktu.

Pemeriksaan kesehatan gratis (05)

KA dapat diintegrasikan dengan sistem pendaftaran online yang mudah diakses untuk mengoptimalkan penjadwalan, analisis tren kesehatan masyarakat, dan personalisasi layanan kesehatan sesuai kebutuhan wilayah dan kelompok umur. Selain itu, KA juga dapat digunakan untuk menganalisis hasil cek kesehatan secara otomatis dengan menggunakan LLMs. Hasil uji lab dan dokumen hasil skrining berbasis teks dapat dianalisis oleh KA, lalu kemudian diberikan saran dan rekomendasi untuk tahap berikutnya jika diperlukan.

Skrining dan pemantauan TBC laten (02)

Pemanfaatan KA pada hasil radiologi untuk mendeteksi TBC lebih cepat dan akurat, serta *chatbot* untuk pelacakan kontak dan pengingat pengobatan guna meningkatkan kepatuhan pasien. Data terintegrasi pada *dashboard* surveilans nasional mempercepat respons intervensi.

Rekam medis terstruktur dan *Clinical Decision Support* (04)

KA untuk menstrukturkan dan menganalisis rekam medis elektronik (EMR), membantu dokter dalam pengambilan keputusan klinis yang cepat dan tepat berdasarkan data lengkap dan terkini.

Deteksi *fraud* dan optimalisasi klaim JKN (06)

Implementasi KA untuk mendeteksi pola anomali klaim kesehatan secara *real-time*, meminimalkan klaim ganda dan penyalahgunaan sehingga menjaga keberlanjutan dana JKN.

Pengawasan sediaan farmasi dan pangan olahan (07)

Dengan menggunakan data nasional terpusat, KA dapat digunakan untuk membantu pengawasan sediaan farmasi berbagai wilayah Indonesia. Hal ini dapat membantu optimalisasi rantai-pasok kebutuhan farmasi. Selain itu, pemanfaatan KA juga dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi proses seleksi dokumen, mempercepat evaluasi registrasi, dan pada akhirnya dapat meningkatkan pelindungan terhadap masyarakat dari pangan olahan yang tidak aman.

4.3 Pendidikan


Sumber Gambar: Ed Us - Unsplash

Pendidikan Indonesia mengalami berbagai tantangan, salah satunya adalah kurikulum yang masih terpusat dan belum adaptif terhadap kebutuhan siswa, perkembangan zaman, dan dinamika kebutuhan industri. Akibatnya, pembelajaran menjadi kurang relevan, terutama bagi siswa yang memiliki potensi, kebutuhan belajar yang berbeda-beda, dan diperparah dengan ketimpangan akses antara daerah perkotaan dan daerah 3T. Salah satu prioritas Presiden Prabowo Subianto untuk memastikan anak-anak, khususnya dari keluarga kurang mampu, mendapatkan pendidikan berkualitas dengan sistem *boarding school* lengkap fasilitas seperti asrama dan laboratorium adalah dengan melalui program Sekolah Rakyat. Pemerintah pusat dan daerah bekerja sama menyiapkan sarana serta menyeleksi siswa menggunakan data sosial akurat agar pemerataan akses pendidikan tercapai dan rantai kemiskinan dapat diputus. Pada tahap awal, sebanyak 100 sekolah telah direnovasi dan mulai beroperasi dengan sekitar 9.700 siswa dan ribuan tenaga pendidik yang tersebar di berbagai wilayah, termasuk daerah dengan tingkat kemiskinan tinggi (Presidenri.go.id, 2025).

Namun, pelaksanaan program ini menghadapi beberapa tantangan signifikan, terutama terkait kualitas guru dan penerapan teknologi (KA) dalam pembelajaran. Seleksi siswa terkadang belum tepat sasaran dan berjalan lambat, sementara kebijakan afirmatif masih perlu diperkuat agar anak perempuan dan penyandang disabilitas mendapatkan akses yang lebih baik. Infrastruktur teknologi seperti koneksi internet dan perangkat digital di daerah terpencil serta wilayah 3T masih terbatas, menghambat pembelajaran adaptif berbasis KA. Kemampuan guru dalam literasi digital dan pemanfaatan KA juga bervariasi, dengan kurangnya pelatihan terstruktur yang mendukung optimalisasi penggunaan teknologi. Kurikulum yang masih universal kurang responsif terhadap kebutuhan khusus siswa, sementara keterbatasan sarana praktik dan data talenta menghambat pengembangan kompetensi vokasi dan potensi unggulan (OpenGovAsia, 2025; Setjen Kemenkes, 2024).

Potensi Solusi Menggunakan KA

Penggunaan KA dalam bidang pendidikan sejalan dengan prioritas RPJMN 2025–2029 untuk meningkatkan kualitas dan pemerataan pendidikan di seluruh Indonesia, termasuk wilayah terdepan, terluar, dan tertinggal (3T). KA mendukung pelatihan digital adaptif bagi guru agar mampu membuat materi pembelajaran yang variatif dan personal sesuai kebutuhan siswa. Sistem pembelajaran berbasis KA juga bisa menyesuaikan kurikulum secara adaptif untuk tiap siswa, serta mengoptimalkan infrastruktur teknologi di daerah terpencil melalui pemetaan dan rekomendasi pembangunan jaringan internet dan perangkat. KA membantu mengidentifikasi potensi siswa untuk pengembangan karakter dan kompetensi vokasi, sekaligus memantau progres belajar dan efektivitas program secara *real-time*. Di sisi guru, KA digunakan untuk mengelola insentif dan pelatihan demi meningkatkan motivasi dan kualitas pengajaran. Pendekatan ini mempercepat transformasi pendidikan yang berkualitas, merata, dan inklusif sesuai visi pembangunan nasional (OpenGovAsia, 2025; Bappenas, 2025).

Penguatan kapasitas guru dengan pelatihan KA adaptif (01)

Platform pembelajaran berbasis KA menyediakan pelatihan digital yang dipersonalisasi sesuai kebutuhan literasi digital masing-masing guru. Dengan modul interaktif dan *chatbot* pendukung, guru dapat meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam pemanfaatan KA untuk mendesain materi pembelajaran yang variatif dan adaptif. Pendekatan ini membantu mengatasi perbedaan kompetensi guru dan mendorong penggunaan teknologi secara optimal.

Pembelajaran adaptif dan personalisasi kurikulum (02)

Sistem KA menganalisis kemampuan dan perkembangan setiap siswa melalui pengujian awal dan pemantauan berkelanjutan untuk menyesuaikan materi dan metode pembelajaran secara individual. Dengan fitur pembelajaran adaptif dan *virtual classroom*, siswa mendapatkan pengalaman belajar yang sesuai kebutuhan dan potensi, yang efektif mengatasi keterbatasan kurikulum universal dan membantu siswa di berbagai tingkat kemampuan.

Pengelolaan talenta dan pengembangan kompetensi spesifik (03)

Melalui *AI-driven talent-mapping*, Sekolah Rakyat dapat mengidentifikasi potensi akademik, fisik, dan psikososial siswa secara cepat dan akurat. Data ini menjadi dasar perencanaan pengembangan karakter, *life skills*, dan pelatihan vokasi yang relevan, termasuk pelatihan atletik dan praktik kejuruan yang disimulasikan dengan teknologi VR/AR berbasis KA.

Pemantauan dan evaluasi berbasis data *real-time* (04)

Penggunaan *dashboard* analitik yang terintegrasi memungkinkan pemantauan progres belajar, tingkat kehadiran, dan efektivitas program secara *real-time*, serta membantu pengambilan keputusan berbasis data. Hal ini memperbaiki koordinasi antar pemangku kepentingan dan menjamin keberlanjutan program secara transparan dan akuntabel.

Dukungan insentif dan kesejahteraan guru berbasis data (05)

KA juga dapat digunakan untuk memonitor kinerja dan kebutuhan guru, serta merekomendasikan skema insentif yang adil dan efektif demi meningkatkan motivasi dan retensi guru. Data ini membantu mengatur sistem remunerasi yang sesuai dengan beban kerja dan kompetensi guru, sekaligus mengidentifikasi kebutuhan pelatihan yang mendukung pengajaran berbasis KA.

4.4
Ekonomi dan Keuangan

Ekonomi Indonesia pada tahun 2025 menunjukkan pertumbuhan yang relatif stabil meskipun mengalami perlambatan dibandingkan tahun sebelumnya. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat pertumbuhan ekonomi kuartal I-2025 sebesar 4,87% *year on year*, sedikit menurun dari 5,03% pada kuartal I-2024. Perlambatan ini disebabkan oleh tekanan pada konsumsi domestik, melemahnya ekspor akibat permintaan global yang turun, serta ketidakpastian global terkait konflik geopolitik dan kebijakan tarif dari negara mitra dagang utama. Inflasi diperkirakan tetap terkendali di kisaran 2,2–2,6% pada semester II 2025, sementara nilai tukar rupiah diproyeksikan berada di Rp16.300 sampai Rp 16.800 per dolar AS. Menteri Keuangan Sri Mulyani menegaskan bahwa pemerintah memangkas proyeksi pertumbuhan ekonomi menjadi 4,7–5,0% dari target semula 5,2%, menyesuaikan dengan kondisi risiko global yang terus berkembang (Tempo.co, 2025; BPS, 2025; Kompas.id, 2025).

Meski menghadapi tantangan global, fondasi ekonomi Indonesia tetap didukung oleh sektor-sektor riil seperti pertanian yang tumbuh signifikan, industri makanan dan minuman yang solid, serta transportasi.



Perbaikan ekspor nonmigas juga menjadi penopang utama, dengan kenaikan ekspor komoditas seperti lemak dan minyak nabati, besi dan baja, serta mesin dan peralatan listrik. Pemerintah terus menggalakkan stimulus fiskal yang diarahkan ke sektor produktif terutama UMKM, serta mendorong penciptaan lapangan kerja untuk meredam dampak perlambatan ekonomi.Defisit APBN tahun 2025 diperkirakan melebar hingga Rp662 triliun, yang menjadi tantangan fiskal tersendiri bagi penanganan ekonomi ke depan. Strategi kebijakan makro dan fiskal yang tepat menjadi kunci agar pertumbuhan ekonomi dapat mencapai target dan mendorong pemulihan yang inklusif (Kemenkeu, 2025).

Dalam menghadapi perlambatan ekonomi dan tantangan global, hilirisasi industri dan penguatan koperasi menjadi strategi kunci untuk mendorong pertumbuhan yang lebih berkelanjutan dan inklusif. Hilirisasi memungkinkan peningkatan nilai tambah dari komoditas lokal, mengurangi ketergantungan pada ekspor bahan mentah, serta memperluas lapangan kerja di sektor manufaktur dan pengolahan. Di sisi lain, koperasi berperan penting sebagai penggerak ekonomi rakyat, khususnya dalam memperkuat posisi UMKM dan petani dalam rantai pasok, meningkatkan akses pembiayaan, serta memperkuat daya saing lokal. Dengan mendorong integrasi antara hilirisasi dan koperasi, pemerintah dapat membangun ekosistem ekonomi domestik yang lebih tangguh terhadap guncangan eksternal dan berkontribusi langsung pada kesejahteraan masyarakat. Salah satu langkah strategis pemerintah untuk memperkuat koperasi berbasis komunitas desa/kelurahan sebagai pilar ekonomi inklusif. Program ini telah terbentuk di lebih dari 81.000 desa/kelurahan yang berperan tidak hanya sebagai lembaga keuangan, tetapi juga sebagai agen penggerak usaha hilirisasi dan pengembangan ekonomi lokal. Inisiatif ini bertujuan meningkatkan kualitas manajemen, modal, dan akses pasar koperasi agar mampu bersaing di era ekonomi modern yang semakin menuntut digitalisasi dan inovasi (Kemenkop, 2025).

Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 mendorong transformasi ekonomi lewat "hilirisasi berbasis sumber daya" mulai dari nikel untuk baterai kendaraan listrik hingga agro maritim sebagai tuas utama pertumbuhan dan peningkatan nilai tambah domestik. Hilirisasi memperkuat daya saing produk dalam negeri dengan mengolah bahan baku menjadi produk jadi, sehingga mengurangi ketergantungan impor dan meningkatkan nilai tambah ekspor. Dokumen rancangan menegaskan bahwa rantai pasok mineral kritis dan industri teknologi-padat karya akan diberi prioritas khusus selama lima tahun ke depan. Arah itu bertemu langsung dengan Asta Cita 5, yang menekankan kelanjutan hilirisasi & industrialisasi nasional, serta Asta Cita 6, yang menargetkan pemerataan ekonomi dari desa ke kota. Salah satu instrumen kuncinya adalah program Koperasi Merah Putih. Pemerintah menyiapkan 80 ribu koperasi desa/kelurahan untuk menggerakkan modal, perdagangan, dan akses pasar bagi UMKM di seluruh nusantara.

Identifikasi potensi produk hilirisasi (01)

KA dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi produk bernilai tinggi dengan menganalisis data besar dari berbagai sektor industri secara cepat dan akurat. Dengan kemampuan prediktifnya, KA membantu menentukan produk atau proses yang memiliki potensi keuntungan dan dampak ekonomi terbesar. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran dalam pengembangan nilai tambah produk dan optimalisasi rantai pasok. Dalam industri manufaktur, KA digunakan untuk perencanaan produksi, kendali kualitas, dan pemeliharaan prediktif pada mesin dan peralatan. Ini memungkinkan transformasi industri hulu ke hilir yang lebih terintegrasi dan berbasis data, mendukung proses produksi berkelanjutan yang hemat energi dan ramah lingkungan. Lebih jauh, KA berperan dalam pengambilan keputusan bisnis dan rantai pasok hilir, seperti melalui algoritma prediktif untuk manajemen inventori, logistik cerdas, hingga penyesuaian harga secara dinamis berdasarkan analisis permintaan pasar.

Kinerja Koperasi Merah Putih (02)

KA dapat digunakan untuk memantau kinerja operasional koperasi dengan integrasi berbagai data. Selain itu, KA juga dapat digunakan untuk melakukan prediksi rantai pasok maupun permintaan secara *real-time* dan akurat dengan mempertimbangkan kekuatan produksi masing-masing daerah, analisis kelayakan kredit, maupun penguatan tata kelola guna membangun kepercayaan publik.

Pengelolaan keuangan negara (03)

KA dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan keuangan di tingkat pusat dan daerah, mulai dari pengawasan hingga perencanaan yang lebih akurat dan terukur. KA memiliki potensi besar dalam mendeteksi anomali dalam laporan keuangan serta menganalisis data untuk mengukur korelasi antara alokasi anggaran dan hasil yang dicapai.

Prediksi Inflasi (04)

KA dapat dimanfaatkan untuk memproyeksikan inflasi tingkat nasional dan sektoral dengan lebih cepat dan akurat. KA dapat memanfaatkan berbagai macam data seperti data harga komoditas, nilai tukar, data konsumsi masyarakat, iklim, cuaca, musim panen, berita terkini, dan media sosial.

4.5
Reformasi Birokrasi


Sumber Gambar: Gemini AI

Reformasi birokrasi di Indonesia merupakan agenda strategis yang sangat penting dalam upaya meningkatkan kualitas pelayanan publik serta efektivitas pemerintahan. Namun, hingga saat ini, proses reformasi masih menghadapi berbagai tantangan yang cukup kompleks. Meskipun telah ditetapkan *grand design* reformasi birokrasi melalui Perpres Nomor 81 Tahun 2010 dengan target birokrasi kelas dunia pada tahun 2025, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa birokrasi Indonesia masih dihadapkan pada sejumlah kendala, seperti ego sektoral, rendahnya orientasi pada kinerja, serta praktik korupsi yang belum dapat diminimalisasi secara signifikan. Program reformasi yang berjalan selama ini cenderung bersifat administratif tanpa membawa perubahan mendasar pada budaya kerja birokrasi. Selain itu, kurangnya integrasi antara pengembangan sumber daya manusia, kelembagaan, perencanaan, dan pengawasan menjadi hambatan utama, sehingga reformasi belum mampu menjadi gerakan nasional yang melibatkan seluruh lapisan pemerintahan dan masyarakat secara menyeluruh (FIA UI, 2024). Kajian-kajian terkini menekankan pentingnya perubahan paradigma serta peningkatan kapasitas kepemimpinan agar reformasi dapat berjalan lebih efektif, khususnya di tingkat pemerintahan daerah yang menjadi garda terdepan pelayanan publik.

Tanpa penguatan integritas, komitmen, dan sistem pengawasan yang dilakukan secara berjenjang, cita-cita birokrasi yang bebas dari KKN dan berorientasi pada akuntabilitas akan sulit terwujud (Ombudsman RI, 2024; FIA UI, 2024; Ombudsman.go.id, 2025). Hasil riset dan evaluasi yang dilakukan oleh Kementerian PANRB bersama lembaga penelitian Prospera menyoroti pentingnya pendekatan reformasi birokrasi berbasis bukti (*evidence-based policy)* yang terintegrasi untuk membangun birokrasi yang efektif, responsif, inklusif, dan berorientasi pada hasil. Transformasi digital layanan publik menjadi salah satu fokus utama guna mempercepat proses birokrasi sehingga lebih transparan dan mudah diakses oleh masyarakat, didukung dengan peningkatan literasi digital bagi aparatur. Penguatan Sistem Akuntabilitas Kinerja (SAKIP) secara menyeluruh di kementerian, lembaga, dan pemerintah daerah diharapkan menjadi kunci keberhasilan reformasi. Dengan komitmen pimpinan yang kuat dan pengawasan yang sistematis, Indonesia optimis dapat mewujudkan birokrasi yang profesional dan melayani demi mendukung visi Indonesia Emas 2045 (Menpan RB, 2025; FIA UI, 2024; Ombudsman RI, 2025).

Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 menjadikan Pelayanan Publik dan Reformasi Birokrasi sebagai inti Prioritas Nasional ke-7: pemerintah diwajibkan mendigitalisasi seluruh proses layanan, merampingkan regulasi, serta menutup celah korupsi melalui transparansi data dan sistem pengawasan terpadu._Mandat ini berpadu dengan Asta Cita ke-7, yang secara tegas menginginkan reformasi politik-hukum-birokrasi disertai penguatan pencegahan serta pemberantasan korupsi sebagai fondasi tata kelola negara yang bersih dan akuntabel. Berbagai potensi *use case* KA pada pelayanan publik dan reformasi birokrasi.

Pengadaan barang dan Jasa (01)

KA untuk mendorong tata kelola pemerintahan yang kredibel dan transparan terutama terhadap proses pengadaan barang dan jasa yang melibatkan partisipasi publik. KA dapat otomasi pengumpulan dan analisis data pengadaan barang dan jasa secara *real-time*, sehingga memudahkan pemantauan proses pengadaan dari awal hingga akhir. Dengan kemampuan analitik yang canggih, KA dapat mendeteksi pola-pola yang mencurigakan atau potensi penyimpangan, seperti *mark-up* harga, kolusi, atau manipulasi dokumen.

Analitik anomali untuk deteksi pungli dan perizinan ilegal (03)

Menggunakan KA untuk mendeteksi pola transaksi mencurigakan dan potensi pungutan liar dalam pengadaan barang/jasa dan perizinan secara *real-time*, sehingga korupsi dapat segera diantisipasi dan ditindaklanjuti. KA juga dapat digunakan untuk menghilangkan praktik pungli di Indonesia melalui otomatisasi dan digitalisasi layanan perizinan termasuk penggunaan layanan *chatbot* maupun *tracking real time* yang transparan dan akuntabel yang memungkinkan kontak langsung antara masyarakat dan petugas guna dengan meminimalisir interaksi manual.

Kinerja pelayanan publik (02)

KA untuk peningkatan layanan publik dirancang sebagai satu rantai pelayanan yang saling memperkaya data. Pengalaman warga dimulai di *front-end* layanan publik aplikasi terpadu dan *chatbot* cerdas serta penggunaan Portal Satu Data Indonesia yang diintegrasikan dengan Platform SPBE Nasional dan Layanan Daerah. Selain itu, KA dapat digunakan untuk mengukur kinerja pelayanan publik. KA dapat mengumpulkan data kinerja pelayanan publik secara otomatis dari berbagai sumber, seperti survei kepuasan masyarakat, data operasional, dan media sosial. Dengan kemampuan analitiknya, KA mampu mengolah data besar tersebut untuk menghasilkan metrik kinerja yang akurat dan *real-time*. Melalui teknik *machine learning*, KA dapat mengidentifikasi pola-pola kinerja yang baik maupun buruk, serta mendeteksi anomali atau penurunan kualitas layanan secara dini. Hal ini memungkinkan pemerintah untuk melakukan intervensi cepat dan perbaikan yang tepat sasaran.

4.6
Politik, Hukum dan Keamanan

Pemantapan sistem pertahanan dan keamanan di Indonesia masih menghadapi kendala nyata, seperti koordinasi antar lembaga seperti TNI, Polri, dan pemerintah daerah yang sering terhambat oleh birokrasi kompleks dan tumpang tindih kewenangan, sehingga memperlambat respons terhadap ancaman dan krisis (Kompas, 2024). Infrastruktur teknologi dan kesiapan sumber daya manusia dalam mengoperasikan ekosistem data berbasis KA juga belum merata, terutama di wilayah terpencil, yang membatasi kapasitas deteksi dini dan analitik risiko (Kemkominfo, 2024). Meskipun tersedia dasbor akuntabilitas publik, rendahnya literasi digital dan keterbukaan informasi membatasi partisipasi masyarakat dalam mengawasi kinerja aparat secara efektif. Di sisi lain, ancaman siber yang kompleks menuntut penguatan keamanan data yang masih belum optimal, sehingga risiko kebocoran dan manipulasi informasi tetap tinggi (BSSN, 2023).



Sumber Gambar: Gemini AI

Selain itu, reformasi politik, hukum, dan birokrasi untuk menciptakan tata kelola yang bersih dan akuntabel berjalan lambat akibat resistensi struktural dan hambatan budaya, menghambat penegakan hukum dan transparansi (Lembaga Administrasi Negara [LAN], 2023). Masalah pungutan liar (pungli), praktik perizinan ilegal, dan korupsi juga masih menjadi tantangan besar dalam layanan publik dan pengadaan barang/jasa di Indonesia. Potensi pungli mencapai miliaran rupiah, terutama dalam pengadaan barang dan jasa pemerintah yang rentan terhadap suap dan gratifikasi dengan kerugian negara triliunan rupiah (Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/ Jasa Pemerintah [LKPP], 2025; Komisi Pemberantasan Korupsi [KPK], 2025). Praktik pungli juga muncul di sektor pendidikan, misalnya dalam penerimaan siswa baru, yang memicu distorsi akses dan kualitas layanan serta menurunkan kepercayaan masyarakat (KPK, 2025). Kasus konkret seperti vonis mantan lurah yang memaksa pungutan 10% untuk pengesahan dokumen tanah menunjukkan masih maraknya penyalahgunaan kewenangan dalam perizinan (Detik News, 2025). Birokrasi yang rumit dan lemahnya pengawasan membuka celah praktik perizinan ilegal yang merugikan negara dan memperlambat pembangunan. Penegakan hukum terhadap pungli dan perizinan ilegal terkadang terkendala oleh minimnya transparansi, budaya gratifikasi, dan sulitnya mengubah pola pikir aparat serta masyarakat yang telah terbiasa dengan praktik korupsi kecil (KPK, 2025). Upaya pemerintah melalui digitalisasi sistem pengadaan dan pelayanan publik serta kampanye antikorupsi yang melibatkan masyarakat menjadi langkah penting untuk meminimalisir praktik ini dengan mendorong keterbukaan informasi, pengaduan publik, dan sosialisasi budaya antikorupsi (LKPP, 2025; Pariwara KPK, 2025). Namun, keberhasilan pemberantasan pungli dan perizinan ilegal memerlukan kolaborasi lintas sektor, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, dan sistem pengawasan yang efektif serta berkelanjutan agar tercipta birokrasi yang bersih dan pelayanan publik yang cepat dan adil.

Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 menempatkan stabilitas politik dan keamanan sebagai landasan utama transformasi nasional, dengan Prioritas 1 fokus memperkokoh ideologi Pancasila, demokrasi, dan HAM, serta Prioritas 2 menekankan pemantapan sistem pertahanan dan keamanan negara. Mandat ini selaras dengan Asta Cita 2 yang menggarisbawahi penguatan pertahanan keamanan nasional dan Asta Cita 7 yang mengedepankan reformasi politik, hukum, dan birokrasi untuk menciptakan tata kelola yang bersih serta akuntabel. Untuk mendukung hal tersebut, ekosistem data berbasis KA di sektor Politik dan Keamanan dirancang sebagai siklus hidup informasi yang terintegrasi, mulai dari deteksi dini melalui sensor lapangan, intelijen siber, dan pelaporan warga yang diolah menjadi analitik risiko prediktif untuk memetakan ancaman sosial, digital, maupun teritorial. Setiap langkah dan tindakan terekam secara otomatis dalam dasbor akuntabilitas publik yang menggabungkan data penegakan hukum, anggaran, dan layanan pengaduan, sehingga masyarakat dapat memantau, berpartisipasi dan menilai kinerja aparat secara transparan dan responsif.

Pemantauan potensi disinformasi (01)

KA dapat digunakan untuk memetakan potensi disinformasi yang mungkin mengganggu ketertiban masyarakat sehingga pihak berwenang dapat mengambil keputusan dan mitigasi risiko dengan lebih akurat dan cepat.

Pengaduan berbasis KA (02)

Mengembangkan sistem pengaduan digital yang mudah diakses untuk masyarakat melaporkan pungli atau praktik ilegal, sekaligus memberikan edukasi antikorupsi secara interaktif.

Penguatan keamanan siber dengan KA (03)

Menerapkan teknologi KA untuk deteksi otomatis serangan siber, mitigasi kebocoran data, dan pelindungan sistem kritis guna mengurangi risiko manipulasi informasi dan kebocoran data yang merugikan institusi dan publik.

Dasbor akuntabilitas publik berbasis KA (04)

Mengoptimalkan dasbor yang menggabungkan data penegakan hukum, anggaran, dan pengaduan dengan fitur analisis perilaku aparat dan transparansi, agar masyarakat dapat memantau kinerja aparat secara efektif.



Sumber Gambar: Thomas Nadler – Unsplash

4.7
Energi Sumber Daya Lingkungan



Sumber Gambar: Iqbal Alahmad - Pexels

Indonesia menghadapi sejumlah masalah serius terkait energi, sumber daya, dan lingkungan. Pertama, ketergantungan tinggi pada batubara masih mendominasi bauran energi nasional, yakni sebesar 40,46% pada tahun 2023, meskipun pemerintah menargetkan peningkatan kontribusi energi baru terbarukan (EBT) menjadi 23% pada tahun 2025. Namun, realisasi EBT baru mencapai 14,1% pada awal 2025, jauh di bawah target, yang disebabkan oleh kendala teknis, pembiayaan, serta regulasi yang belum optimal (Kementerian ESDM, 2024; Tempo.co, 2025). Kedua, peningkatan kapasitas pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) batu bara *captive* yang tumbuh signifikan, yakni sebesar 180% dalam tujuh tahun terakhir, menyebabkan kelebihan pasokan listrik dan membebani arus kas PLN, sehingga menjadi penghambat utama ekspansi energi terbarukan dan transisi menuju energi bersih (Ember, 2025).

Selain itu, tingginya emisi dari pembangkit listrik fosil turut memperburuk kondisi lingkungan dan berkontribusi pada perubahan iklim. Terakhir, tantangan tata kelola dan komitmen politik juga menjadi penghambat transisi energi berkelanjutan di Indonesia. Kurangnya regulasi yang jelas serta implementasi kebijakan pajak karbon dan penyesuaian harga listrik dari energi terbarukan menghambat percepatan transisi energi, sementara keberhasilan sektor transportasi dalam mencapai target EBT merupakan satu-satunya sektor yang menunjukkan progres positif sejauh ini (IESR, 2024; Kementerian ESDM, 2024; Tempo.co, 2025).

Potensi Solusi Menggunakan KA

Prediksi kebutuhan energi (01)

KA untuk manajemen energi terbarukan yang optimal, dimana KA menganalisis data cuaca dan pola konsumsi untuk memprediksi kebutuhan energi dan mengatur penggunaan sumber energi seperti panel surya dan turbin angin secara otomatis, sehingga mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan menghemat biaya operasional.

Optimalisasi rute pengumpulan sampah (02)

KA digunakan untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah dengan prediksi volume dan waktu pembuangan, sehingga armada pengangkut dapat beroperasi lebih efisien dan hemat biaya. Sistem berbasis KA dapat memantau lokasi dan status kontainer sampah secara *real-time* menggunakan sensor dan IoT, membantu mengidentifikasi titik-titik pembuangan yang sudah penuh atau rawan pembuangan ilegal.

Optimalisasi manajemen jaringan listrik pintar (03)

KA juga dapat mengoptimalkan manajemen jaringan listrik pintar (*smart grids*) dengan memprediksi pola permintaan secara *real-time* dan mengatur distribusi energi secara efisien, menjaga kestabilan pasokan sekaligus mengurangi pemborosan energi.

Pemodelan skenario investasi (04)

KA untuk memodelkan skenario investasi pada teknologi terbarukan dengan memperhitungkan variabel seperti potensi penghematan biaya operasional, fluktuasi harga energi, dan dampak pemeliharaan prediktif sehingga dapat memberikan estimasi *Return on Investment* (ROI) sebelum keputusan investasi dibuat.

Deteksi dini risiko kekurangan pasokan energi (05)

KA untuk mendeteksi dini risiko kekurangan pasokan. Hasilnya langsung dipakai untuk menjadwalkan perawatan peralatan dan mengeluarkan peringatan bencana lebih awal. Semua informasi kemudian disajikan di dasbor keberlanjutan publik yang menggabungkan data emisi, biaya energi, dan jejak lingkungan agar mudah dipantau oleh pemerintah, industri, dan masyarakat.

Deteksi dini bencana alam (06)

KA dapat mendeteksi dini risiko bencana alam dengan menggunakan data terkini secara *real-time* misalnya data iklim, cuaca ekstrim, geospasial, seismik, pasang surut air laut, dan citra satelit. Hal ini dapat memperkuat sistem mitigasi bencana nasional dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat.

4.8 Perumahan



Sumber Gambar: Arief Komarudin - Unsplash

Masalah perumahan di Indonesia masih menjadi tantangan besar, terutama terkait harga yang terus meningkat sehingga sulit dijangkau oleh masyarakat berpenghasilan menengah kebawah. Data dan Survei Harga Properti Perumahan (SHPP) 2025 oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan adanya kenaikan signifikan harga rumah di kota-kota besar, yang memperparah *backlog* hunian layak di negara ini. Meskipun pemerintah menjalankan program satu juta rumah untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pasokan masih jauh dari permintaan yang sebenarnya, terutama di wilayah pesisir dan pedesaan (BPS Kota Surabaya, 2025; BPS DIY, 2025)

Selain harga, kualitas hunian juga menjadi permasalahan penting. Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) 2025 mengindikasikan 17% rumah tangga masih menempati hunian dengan luas per kapita di bawah standar minimal 7,2 meter persegi, dengan keterbatasan akses terhadap fasilitas dasar seperti air bersih, sanitasi, dan listrik. Perbedaan antara daerah perkotaan dan pedesaan semakin memperburuk situasi ini. Pemerintah telah melakukan berbagai upaya, termasuk digitalisasi data perumahan, guna memastikan penyaluran bantuan yang tepat sasaran dan peningkatan infrastruktur perumahan yang merata. Namun, kerjasama antarsektor dan kebijakan komprehensif masih diperlukan untuk mengatasi *backlog* dan meningkatkan akses hunian layak bagi masyarakat luas (BPS, 2025; Susenas, 2025; Kementerian PKP dan BPS, 2025).

Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 menugaskan sektor perumahan untuk menaikkan proporsi keluarga yang menghuni rumah layak-terjangkau dari 67% (2025) menjadi 74% (2029) sekaligus memangkas *backlog* kepemilikan yang kini diperkirakan 9,9 juta unit melalui program pembangunan 3 juta rumah dan penanganan permukiman kumuh. Mandat ini sejalan dengan Asta Cita 3, yang menekankan percepatan infrastruktur dan penciptaan lapangan kerja, dan diangkat kembali lewat komitmen nasional "Program 3 Juta Rumah" sebagai lokomotif ekonomi rakyat. Berbagai potensi *use case* KA:

Otomasi prioritas proyek perumahan (01)

KA untuk proses otomasi dan prioritas proyek perumahan berdasarkan dampak sosial dengan mengoptimalkan alokasi lahan dan dana di daerah. Evaluasi dan seleksi proyek perumahan berbasis KA dapat menganalisis berbagai data sosial-ekonomi dan demografis secara cepat dan akurat namun juga meningkatkan akses hunian layak bagi masyarakat berpenghasilan rendah.

Penilaian kelayakan penerima bantuan rumah (03)

KA untuk sistem penilaian kelayakan penerima bantuan rumah. KA berpotensi dikembangkan sebagai sistem penilaian kelayakan penerima bantuan rumah dengan menganalisis data sosial, ekonomi, dan demografis calon penerima secara objektif dan menyeluruh. Sistem ini dapat mengotomatisasi proses seleksi sehingga mempercepat dan meningkatkan akurasi penentuan penerima bantuan yang benar-benar membutuhkan. Dengan demikian, KA membantu memastikan distribusi bantuan rumah tepat sasaran dan mengurangi potensi penyalahgunaan atau ketidakadilan, dan ketidaktepatan sasaran dalam program bantuan.

Analisis harga yang sesuai dengan lahan (02)

KA untuk menganalisis harga yang sesuai dengan lahan sehingga tidak terdapat *mark-up* harga perumahan di pasaran. Kecerdasan artifisial dapat menganalisis data pasar dan karakteristik lahan secara komprehensif untuk menentukan harga perumahan yang wajar dan sesuai dengan nilai sebenarnya. Dengan analisis ini, KA membantu mengidentifikasi dan mencegah praktik *mark-up* harga yang tidak transparan di pasar properti. Hal ini mendukung terciptanya pasar perumahan yang lebih adil dan terjangkau bagi masyarakat, sekaligus meningkatkan efisiensi distribusi sumber daya.

4.9
Transportasi, Logistik dan Infrastruktur


Sumber Gambar: John Simmons - Unsplash

Sektor transportasi, logistik, dan infrastruktur di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan utama yang menghambat efisiensi dan daya saing nasional. Salah satu masalah terbesar adalah tingginya biaya logistik, yang menurut World Bank mencapai sekitar 23 persen dari Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada tahun 2025, tertinggi di kawasan ASEAN. Rendahnya integrasi dan kualitas infrastruktur serta ketimpangan pembangunan yang masih sangat terpusat di Pulau Jawa menyebabkan biaya operasional menjadi sangat mahal, sementara konektivitas antar wilayah, khususnya di wilayah luar Jawa, masih kurang optimal (ANTARA News, 2024).

Kualitas layanan dan sistem logistik juga masih menghadapi kendala, seperti lemahnya konektivitas antarmoda transportasi darat, laut, dan udara yang menyebabkan inefisiensi dalam distribusi barang. Hal ini disebabkan oleh fragmentasi infrastruktur dan regulasi yang belum sepenuhnya terintegrasi, serta fokus pembangunan infrastruktur yang masih dominan di Pulau Jawa. Ketergantungan ini berkontribusi pada peningkatan waktu pengiriman, ongkos logistik yang tinggi, dan menurunnya posisi Indonesia dalam *Logistics Performance Index* (LPI) secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir (ANTARA News, 2024).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah Indonesia telah menetapkan target ambisius untuk menurunkan biaya logistik nasional menjadi 8 persen dari PDB pada 2045 melalui berbagai strategi. Upaya ini mencakup transformasi digital layanan logistik, penguatan konektivitas multimoda, optimalisasi pemanfaatan tol laut, serta memperluas pembangunan dan perbaikan infrastruktur secara merata di seluruh wilayah Indonesia, tidak hanya fokus di Pulau Jawa. Implementasi *National Logistic Ecosystem* (NLE) yang sudah diterapkan di beberapa pelabuhan dan bandara juga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan integrasi sistem logistik nasional (Kementerian Perhubungan, 2024; Asosiasi Logistik Indonesia, 2024).



Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 menargetkan ongkos logistik nasional turun dari 14,29 % PDB (2022) menjadi 12,5 % pada 2029, sembari memperbanyak simpul konektivitas darat-laut-udara agar arus barang dan jasa menyebar lebih merata ke semua pusat pertumbuhan ekonomi.

Agenda tersebut bersenyawa dengan Asta Cita ke-6, yang menjadikan transportasi-logistik sebagai pengungkit akses ekonomi dan pemberdayaan UMKM, serta Asta Cita ke-3, berfokus pada percepatan pembangunan dan perawatan infrastruktur strategis untuk membuka lapangan kerja. Berikut adalah *use case* KA yang dapat dikembangkan:

Prediksi *Return on Investment* (RoI) terhadap investasi infrastruktur fisik (01)

KA dapat digunakan untuk melakukan prediksi RoI terhadap investasi infrastruktur fisik. KA dapat mengolah data historis investasi infrastruktur, kondisi pasar, dan faktor ekonomi makro secara komprehensif untuk mengidentifikasi pola dan tren yang mempengaruhi hasil investasi. Dengan *machine learning*, model prediksi RoI dapat disesuaikan dengan konteks spesifik proyek dan wilayah. KA memungkinkan simulasi berbagai skenario investasi dengan mempertimbangkan variabel-variabel seperti biaya pembangunan, pemeliharaan, permintaan layanan, dan risiko eksternal (misalnya perubahan regulasi atau kondisi ekonomi). Hal ini membantu pengambil keputusan memahami potensi keuntungan dan risiko secara lebih mendalam. Dengan prediksi RoI yang akurat, KA mendukung pengoptimalan alokasi dana dan sumber daya pada proyek infrastruktur yang memiliki potensi pengembalian terbaik. Hal ini meningkatkan efisiensi investasi dan memastikan penggunaan anggaran publik atau swasta secara tepat sasaran.

Implementasi kota pintar terintegrasi (03)

KA dapat digunakan untuk Implementasi kota pintar terintegrasi. Implementasi KA dalam pengembangan kota pintar di Indonesia mencakup berbagai *use case* yang meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup masyarakat, seperti manajemen lalu lintas cerdas yang mengurangi kemacetan. Selain itu, KA digunakan untuk pengelolaan sumber daya air melalui deteksi kebocoran dan polusi secara otomatis serta pengawasan keamanan publik dengan analisis video *real-time* untuk respons cepat terhadap aktivitas mencurigakan. KA juga mendukung pengelolaan energi pintar, mengoptimalkan konsumsi listrik di fasilitas umum, mengurangi pemborosan dan memaksimalkan integrasi energi terbarukan, mendorong efisiensi, keberlanjutan, dan keamanan di kota-kota Indonesia.

Penurunan biaya logistik (02)

KA dapat digunakan untuk mendukung penurunan biaya logistik. KA dapat dimanfaatkan untuk optimasi rute pengiriman dan pelacakan *real-time*, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya bahan bakar serta waktu pengiriman. KA juga dapat dikombinasikan dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk efisiensi di sektor transportasi laut melalui sistem *Fuel Monitoring System* (FMS) berbasis AI yang memantau konsumsi bahan bakar kapal secara akurat, memungkinkan perusahaan pelayaran menekan pengeluaran bahan bakar hingga signifikan sambil meningkatkan transparansi operasional armada mereka.

Prediksi keramaian (04)

Sistem manajemen untuk deteksi keramaian pada kawasan perkotaan. KA dapat digunakan untuk mendeteksi, memonitor, dan memprediksi kepadatan penumpang secara *real-time* di simpul transportasi utama seperti stasiun, terminal bandara, terminal bus, dan halte bus. Solusi ini menggabungkan teknologi *computer vision*, IoT sensor, dan pemrosesan berbasis KA untuk memberikan peringatan dini terhadap kepadatan ekstrem, mencegah penumpukan, dan meningkatkan efisiensi operasional serta keselamatan publik.

Deteksi dan Prediksi Kepadatan lalu lintas (05)

Mendeteksi dan memprediksi kepadatan lalu lintas dengan menggabungkan data dari CCTV, GPS kendaraan, dan bahkan media sosial. Dengan memanfaatkan KA, petugas di pusat kendali lalu lintas bisa lebih cepat mengetahui jika terjadi kecelakaan, gangguan di jalan, atau peningkatan jumlah kendaraan secara tiba-tiba, sehingga respons pengelolaan lalu lintas bisa dilakukan lebih cepat dan tepat.

4.10
Seni, Budaya dan Ekonomi Kreatif


Sumber Gambar: Didi Paul - Unsplash

Implementasi KA dalam pelestarian seni budaya dan ekonomi kreatif menghadapi tantangan serius terkait risiko komersialisasi budaya lokal yang berlebihan, yang berpotensi mengikis nilai-nilai dan praktik asli budaya. Digitalisasi yang terlalu fokus pada aspek komersial dapat mengubah makna dan esensi karya seni atau tradisi, seperti modifikasi tarian tradisional untuk media sosial yang menghilangkan filosofi dan nilai estetika aslinya. Selain itu, kesenjangan digital membuat tidak semua daerah, terutama wilayah terpencil, dapat berpartisipasi optimal dalam digitalisasi budaya, sehingga potensi pelestarian tidak merata. Hal ini juga berdampak pada UMKM serta pekerja digital kreatif di daerah tersebut yang kesulitan mengakses teknologi KA untuk pengembangan produk dan promosi. Tantangan lain adalah penyebaran informasi yang salah atau tidak akurat tentang warisan budaya di platform digital, yang dapat membingungkan generasi muda dan mengurangi apresiasi terhadap budaya asli.

Lebih lanjut, penggunaan KA dalam dokumentasi dan pelestarian bahasa-bahasa asli di Indonesia juga menghadapi kendala. Algoritma KA saat ini masih kesulitan mengidentifikasi dan memproses nuansa, dialek, serta konteks budaya dari ribuan bahasa daerah yang kompleks dan seringkali tidak memiliki representasi data yang memadai. Kurangnya data pelatihan yang berkualitas untuk bahasa-bahasa minoritas menyebabkan sistem KA tidak dapat secara akurat merekam, menganalisis, atau bahkan melindungi kekayaan linguistik tersebut dari kepunahan. Fenomena ini berpotensi meminggirkan warisan bahasa dan kearifan lokal yang terkandung di dalamnya.

Potensi Solusi Menggunakan KA

RPJMN 2025–2029 menempatkan pelestarian seni budaya, peningkatan ekonomi kreatif, dan prestasi olahraga sebagai salah satu dari 17 program prioritas nasional dengan target porsi PDB ekonomi kreatif meningkat menjadi 8,0–8,4 persen pada 2029, didukung pertumbuhan sektor 6,1 persen per tahun serta ekspor 6 persen, sekaligus menjaga warisan budaya sebagai identitas bangsa. Mandat ini sejalan dengan Asta Cita ke-3, yang menekankan penciptaan lapangan kerja berkualitas melalui kewirausahaan dan pengembangan industri kreatif, serta Asta Cita ke-8, yang mengedepankan pembangunan yang selaras dengan lingkungan dan budaya, termasuk pelestarian warisan tak benda dan cagar fisik. Untuk mewujudkannya, ekosistem data KA dibangun sebagai rantai terintegrasi yang mencakup digitalisasi dan analitik koleksi budaya untuk memetakan potensi, mendukung *incubator* kreatif dan prediksi tren pasar, serta memanfaatkan data penjualan, *streaming*, dan kunjungan festival yang terhubung dengan platform database KA nasional.

Pelestarian seni budaya dan ekonomi kreatif (01)

Potensi solusi KA untuk mengatasi tantangan dalam pelestarian seni budaya dan ekonomi kreatif Indonesia dapat difokuskan pada beberapa aspek utama. Pertama, pengembangan algoritma KA yang sensitif budaya dan kontekstual dapat membantu menjaga keaslian nilai dan filosofi karya seni tradisional, misalnya melalui model KA yang memprioritaskan elemen otentik dalam pengolahan konten budaya agar tidak menghilangkan esensi asli saat dimodifikasi untuk platform digital. Kedua, memperluas akses teknologi KA ke daerah terpencil melalui pembangunan infrastruktur digital yang merata serta menyediakan pelatihan literasi digital dan teknologi bagi pelaku UMKM dan pekerja kreatif lokal, sehingga mereka mampu memanfaatkan KA untuk meningkatkan kualitas produk dan pemasaran secara efektif.

Rekomendasi destinasi wisata lokal (03)

Sistem rekomendasi destinasi wisata berbasis KA dapat dibuat dengan menggunakan data yang relevan seperti musim, cuaca, kegiatan khas daerah, atau ketersediaan akomodasi.

Verifikasi dan validasi data budaya (02)

Penggunaan KA dalam sistem verifikasi dan validasi data budaya dapat meminimalisir penyebaran informasi salah, dengan memanfaatkan teknologi *natural language processing* (NLP) dan *computer vision* untuk mengidentifikasi konten autentik dari hasil budaya dan sejarah yang terdokumentasi. Keempat, dalam pelestarian bahasa-bahasa asli, KA dapat dilengkapi dengan teknik pembelajaran mesin yang dirancang khusus untuk menangani keanekaragaman dialek dan nuansa linguistik, disertai pengumpulan data pelatihan yang lebih representatif dan kolaborasi intensif dengan komunitas lokal sebagai sumber pengetahuan. Model-model KA yang adaptif ini akan mampu merekam, menganalisis, dan mengarsipkan bahasa daerah secara efektif, sehingga meminimalkan risiko kepunahan bahasa dan menjaga keberlanjutan budaya lisan tradisional. Dengan pendekatan holistik ini, KA dapat menjadi alat pemberdayaan yang mendorong inovasi sekaligus menjaga keutuhan warisan budaya dan kearifan lokal Indonesia.



Bab 5

Arah Kebijakan dan Strategi

5.1 Empat Fokus Utama Arah Kebijakan

5.2 Rumusan Strategi berdasarkan Arah Kebijakan

Perumusan arah kebijakan dan strategi Peta Jalan KA Nasional disusun berdasarkan pada hasil analisis TOWS dan dokumen yang menjadi dasar kebijakan pembangunan seperti telah diuraikan dalam bab sebelumnya. Analisis TOWS memberikan dasar pijakan perumusan pilihan strategi-strategi pengembangan dan pemanfaatan KA, meliputi pengembangan strategi yang disusun dengan mengombinasikan kekuatan dan kesempatan yang tersedia, strategi yang berorientasi mengurangi kelemahan dengan mendayagunakan kesempatan yang tersedia, menggunakan kekuatan untuk merespon ancaman, maupun berorientasi mengurangi dampak kelemahan dan ancaman yang muncul.

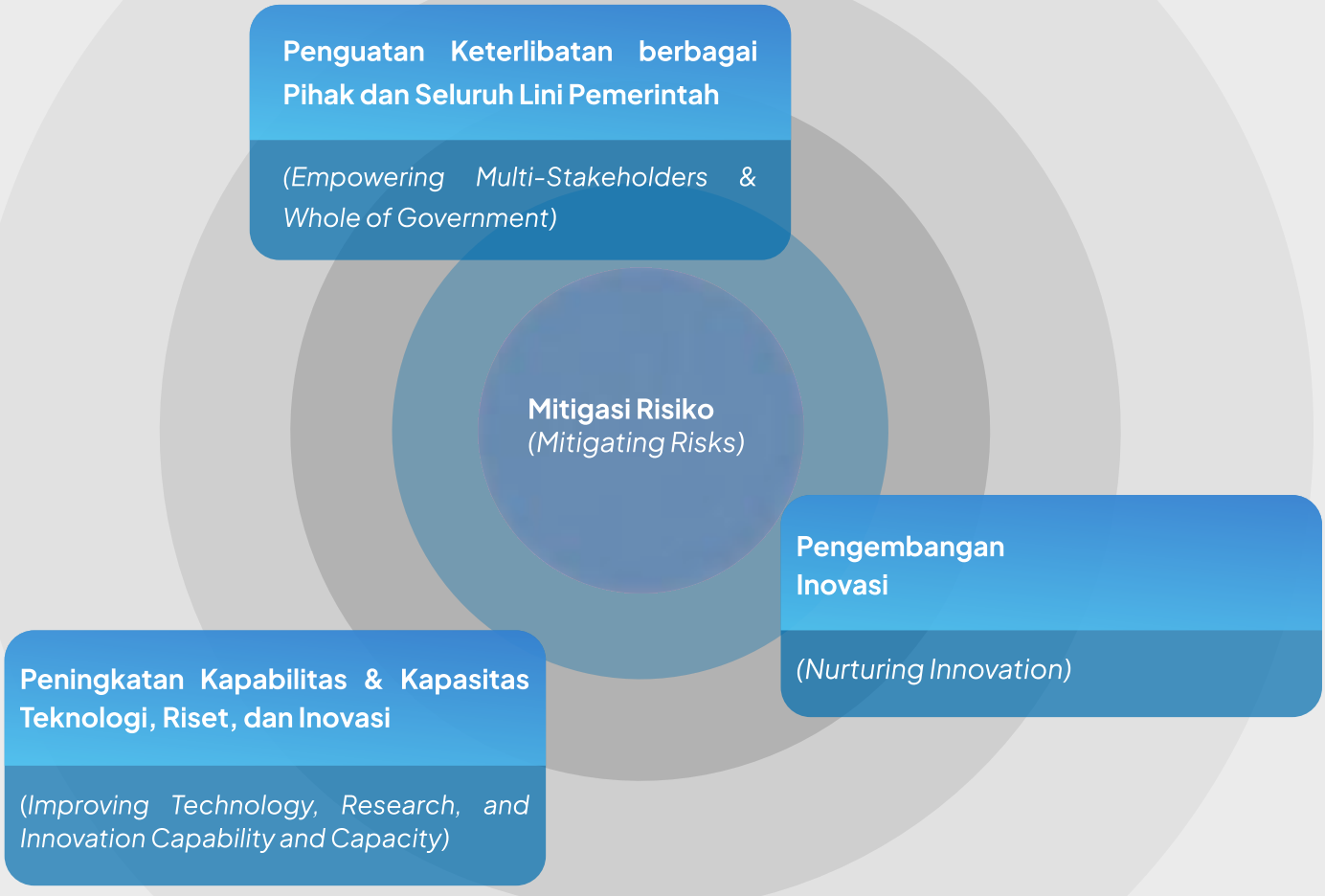
Pilihan-pilihan strategi tersebut merupakan bagian dari strategi pembangunan untuk mencapai cita-cita nasional sebagaimana telah diuraikan dalam Bab I, khususnya untuk mencapai Visi Indonesia Emas 2045, menjadi negara maju, berdaulat, adil, dan makmur (RPJPN 2025–2045). Kemajuan teknologi digital termasuk KA merupakan katalis untuk mewujudkan tujuan pembangunan nasional.

Pengembangan dan pemanfaatan teknologi tersebut memperkuat daya saing serta membuka berbagai peluang baru guna mempercepat pencapaian Visi Indonesia Emas 2045. Ekosistem KA Nasional yang dibangun untuk tumbuh secara inklusif, kolaboratif, aman dan beretika diharapkan dapat mendorong peran aktif setiap warga negara untuk merasakan manfaat dari perkembangan KA, tanpa terkecuali.

5.1 Empat Fokus Utama Arah Kebijakan

Guna memastikan terciptanya Peta Jalan KA Nasional yang inklusif, adaptif, berkelanjutan, dan dapat diimplementasikan dengan dukungan multipemangku kepentingan, arah kebijakan dan strategi yang menjadi dasar acuan pengembangan KA nasional terefleksikan dalam empat fokus, yakni Penguatan Keterlibatan berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintah (*Empowering Multi-Stakeholders and Whole of Government*), Pengembangan Inovasi (*Nurturing Innovation*), Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi (*Improving Technology, Research, and Innovation Capability and Capacity*), dan Mitigasi Risiko (*Mitigating Risks*).

Keempat fokus utama tersebut merupakan bagian yang tidak terpisahkan dan saling terkait satu sama lain serta memiliki tujuan spesifik yang perlu berjalan bersamaan secara optimal, agar tidak terjadi ketimpangan pada tataran implementasi kedepannya. Keempat fokus arah kebijakan ini digambarkan dalam Gambar 5.1



Gambar 5.1 Kerangka Arah Kebijakan

Fokus I:
Penguatan Keterlibatan Berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintah (*Empowering Multistakeholders & Whole of Government*)

Pemberdayaan multipemangku kepentingan sangat penting untuk mengelola tantangan dan peluang yang muncul dari kehadiran teknologi KA. Dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan seperti pemerintah di berbagai sektor maupun pemerintah daerah, akademisi, sektor swasta, komunitas, dan masyarakat sipil memungkinkan terciptanya kolaborasi ekosistem KA yang lebih inklusif.

Pendekatan seluruh pemerintahan (baik pemerintah pusat dan pemerintah daerah) merupakan fokus penting untuk memperkuat koordinasi dan harmonisasi inisiatif dan upaya antarlembaga dalam menghadapi peluang dan tantangan yang ditimbulkan dari teknologi KA. Dengan mengintegrasikan berbagai fungsi dan sumber daya dari berbagai K/L, diharapkan pendekatan ini dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi tumpang tindih kebijakan, serta mempercepat pencapaian pencapaian tujuan nasional.

Fokus II:
Pengembangan Inovasi (*Nurturing Innovation*)

Penguatan harmonisasi peraturan perundangan serta kerangka kebijakan Indonesia tidak terlepas dari kebutuhan akan kerangka regulasi data yang adaptif, transparan, dan kolaboratif lintas sektor. Optimalisasi tata kelola data menjadi fondasi utama, diwujudkan melalui pengembangan mekanisme berbagi data, peningkatan ketersediaan dan interoperabilitas data, hingga pemanfaatan Portal SDI yang menegaskan pentingnya data akurat, mutakhir, terpadu, dan dapat memfasilitasi proses percepatan program prioritas KA nasional. Untuk mendukung inovasi KA yang bertanggung jawab dan minim risiko, keberadaan penerapan *regulatory sandbox* KA nasional sebagai arena uji coba model teknologi KA dengan skalabilitasnya harus didorong. *Regulatory sandbox* KA yang telah diterapkan di sektor keuangan dan kesehatan saat ini dapat dijadikan rujukan; di mana tahapan penilaian risiko, supervisi regulator, dan transparansi menjadi acuan utama sebagaimana regulasi di tingkat global juga telah dianjurkan oleh OECD (2024).

Selain itu, kolaborasi *quad-helix* harus diintensifkan untuk memperkuat riset terapan dan transfer pengetahuan untuk mendorong inovasi. Kolaborasi ini juga didukung dengan aktor-aktor internasional dan partisipasi diaspora Indonesia, untuk memperkuat lingkungan inovasi dan pengembangan talenta berbasis inovasi KA. Selain itu, strategi instrumen pembiayaan juga harus disiapkan sebagai dukungan dalam pengembangan inovasi KA. Seluruh proses inovasi diperkuat melalui penyusunan kompendium praktik terbaik sebagai rujukan standar, serta akselerasi adopsi KA melalui pendekatan inovasi terbuka (*open innovation*), untuk menjamin transparansi, efisiensi dan penguatan ekosistem inovasi nasional yang berlandaskan tata kelola regulasi dan etika yang bertanggung jawab; termasuk memberikan kebijakan inovasi afirmatif kepada kelompok-kelompok rentan sosial; seperti anak, perempuan, disabilitas, masyarakat ada dan juga memberikan manfaat baik kepada warga di wilayah 3T. Fokus Pengembangan Inovasi juga mendorong penguatan program pengembangan talenta KA melalui pendidikan, pelatihan untuk mendukung inovasi produk KA, dan termasuk produk-produk KA yang masuk ke dalam program prioritas KA nasional.

Fokus III: Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi (*Improving Technology, Research, and Innovation Capability and Capacity*)

Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi menjadi bagian dari upaya transformasi digital yang berkelanjutan di berbagai sektor seperti pendidikan, kesehatan, finansial, pengembangan UMKM, ekonomi digital, hingga layanan publik.

Fokus ini merupakan fondasi untuk memperkuat kapasitas infrastruktur yang merata, kehadiran data berkualitas, kerangka kerjasama multipemangku kepentingan, proses pengadaan barang dan jasa yang transparan dan akuntabel dan melibatkan partisipasi publik, serta pendanaan yang tepat sasaran dan dapat dipertanggungjawabkan. Fokus ini menjadi kunci utama untuk menjaga daya saing dan kemandirian nasional dengan tetap mendorong kemitraan dan kolaborasi multipemangku kepentingan bersama dengan lembaga riset, universitas, industri lokal maupun global, komunitas, dan masyarakat sipil untuk menghadirkan solusi yang sejalan dengan konteks lokal namun berpotensi untuk berdampak secara global. Proses inovasi yang berkelanjutan memungkinkan munculnya teknologi, metode, dan mitigasi baru untuk memperkuat ekosistem KA nasional.

Fokus IV: Mitigasi Risiko (*Mitigating Risks*)

Mitigasi risiko fokus terhadap proses meminimalisir atau mengurangi probabilitas kerugian yang timbul dari risiko potensial maupun ketidakpastian. Arah kebijakan ini meliputi asesmen identifikasi risiko serta kemungkinan terjadinya risiko tersebut, sebagai tindak pengamanan di setiap proses siklus hidup KA. Mitigasi risiko mengedepankan proses tata kelola yang kuat dari berbagai pemangku kepentingan yang terlibat. Mitigasi risiko sangat dibutuhkan mengingat cepatnya dan dinamisnya perkembangan dari teknologi KA dan kemungkinan dampak negatif yang ditimbulkan apabila tidak terdapat kerangka mitigasi yang kuat.

Kehadiran prinsip etika KA yang mengutamakan prinsip transparansi, akuntabilitas, keamanan, inklusivitas dan lainnya, merupakan kebutuhan yang harus dijamin oleh setiap aktor yang terlibat dalam penguatan teknologi KA di Indonesia. Prinsip-prinsip tersebut perlu untuk diturunkan dalam kerangka komprehensif di tataran teknis seperti pedoman atau panduan, mekanisme atau alat, maupun standar yang dapat diadopsi secara luas, sehingga upaya mitigasi dapat terukur dan dievaluasi secara berkesinambungan oleh multi pemangku kepentingan, namun sekaligus tidak menimbulkan tantangan terhadap percepatan pengembangan dan pemanfaatan KA di Indonesia.

Keempat model fokus di atas akan dikembangkan dalam Peta Strategi Peta Jalan KA untuk memastikan implementasi yang efektif, berdampak, berkelanjutan, sesuai dengan panduan RPJMN 2025–2029 sebagai parameter pelaksanaan Asta Cita dan sektor-sektor prioritas pembangunan nasional, yang didukung dengan teknologi KA.

5.2 Rumusan Strategi Berdasarkan Arah Kebijakan

(A)	**Arah Kebijakan: Penguatan Keterlibatan Berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintah**
1	Membentuk Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional yang mendukung multipemangku kepentingan untuk sinkronisasi dan akselerasi agenda KA nasional yang berorientasi pada inovasi KA yang memberikan nilai tambah bagi ekonomi digital nasional.
2	Mendorong keterlibatan Pemerintah Indonesia dalam diplomasi, koordinasi, dan inisiatif kerjasama internasional, termasuk dengan badan standar internasional dan industri guna mendorong pengembangan dan penerapan KA yang bertanggung jawab.
3	Menguatkan mekanisme koordinasi lintas K/L/D seperti SPBE, teknologi pemerintahan digital, dan SDI untuk memperkokoh kolaborasi lintas sektor sebagai infrastruktur dasar pengembangan KA oleh berbagai pihak, terutama untuk pemanfaatan sektor publik dan inovasi.
4	Merevitalisasi kelembagaan dan Kerjasama Pemerintah-Swasta (KPBU/PPP) dengan menjadikan skema KPBU sebagai motor penggerak utama investasi KA dan menguatkan kapasitas fiskal dan kelembagaan untuk memastikan penyerapan investasi yang cepat, akuntabel, dan tepat sasaran.
5	Menguatkan kolaborasi multipihak regional dan internasional untuk peningkatan investasi KA
6	Menguatkan kolaborasi riset dan inovasi KA nasional secara terarah, serta menguatkan kemitraan kemitraan industri-akademik.
7	Mereformasi kurikulum pendidikan pada tingkat dasar, menengah dan tinggi bidang KA dengan pendekatan modular, *microcredential*, dan *project-based learning*.
(B)	**Arah Kebijakan: Pengembangan Inovasi**
1.	Menguatkan harmonisasi peraturan perundang-undangan serta kerangka kebijakan nasional yang komprehensif dan adaptif dengan standar internasional, untuk mendorong interoperabilitas data melalui pemanfaatan Satu Data Indonesia, SPBE, teknologi pemerintahan digital, investasi pengembangan KA dan infrastruktur pendukung ekosistem KA di Indonesia.

2	Mengakselerasi inovasi dengan pendekatan *open innovation* untuk meningkatkan skalabilitas *Sandbox* KA agar pengembangan KA dapat dilakukan dengan lebih cepat, efektif, etis, bertanggung jawab, multisektor, dan inklusif
3	Menguatkan keterlibatan kelompok rentan seperti perempuan, disabilitas, dan masyarakat adat dalam pengembangan dan pemanfaatan KA termasuk pada proses perancangan dan evaluasi produk KA
4	Mengembangkan instrumen pembiayaan inovatif dan pemberdayaan modal domestik diwujudkan dengan menciptakan ekosistem pembiayaan yang mandiri melalui peluncuran produk seperti *Sovereign AI Fund* dan *blended financing* serta memberdayakan modal ventura lokal untuk mengisi kesenjangan pendanaan tahap awal
5	Menerapkan hasil riset KA untuk menghasilkan inovasi KA yang terintegrasi dengan kebutuhan nasional dan produk KA unggulan yang kompetitif
6	Menguatkan lingkungan belajar untuk pengembangan dan pemberdayaan Talenta KA melalui kolaborasi internasional dan partisipasi diaspora Indonesia
7	Menguatkan lingkungan inovasi untuk pengembangan Talenta KA melalui kolaborasi internasional dan partisipasi diaspora Indonesia
8.	Mendorong pemberdayaan Talenta KA pada dunia usaha, industri dan kerja (Dudika)
9.	Mengakselerasi pemanfaatan Kecerdasan Artifisial pada Bidang Prioritas
(C)	**Arah Kebijakan: Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi**
1.	Melakukan percepatan dalam peningkatan stabilitas, kecepatan, dan pemerataan infrastruktur jaringan internet dan pemenuhan pasokan energi pendukung pengembangan dan adopsi KA termasuk melalui energi baru dan terbarukan
2.	Mendorong pengembangan infrastruktur KA untuk meningkatkan daya saing ekosistem KA
3.	Menguatkan kapabilitas dan kapasitas riset dan inovasi industri dengan akses data riset, insentif karir periset dan penguatan jejaring nasional dan internasional
4.	Meningkatkan pelatihan untuk adopsi teknologi KA pada seluruh sektor

5	Melaksanakan sertifikasi kompetensi Talenta KA pada industri global
6	Membangun strategi investasi yang dapat mendukung akselerasi pengembangan talenta KA
(D)	**Arah Kebijakan: Mitigasi Risiko**
1	Mendorong tata kelola KA yang etis dan bertanggung jawab dalam pengembangan dan pemanfaatan KA
2	Membangun ekosistem KA nasional yang bertanggung jawab, terbuka, dan inklusif melalui forum kolaborasi antarpemangku kepentingan, serta memperkuat akuntabilitas dengan menyediakan mekanisme skema pemulihan / *redressal* bagi masyarakat yang terdampak oleh sistem KA.
3	Menyusun kebijakan pelindungan infrastruktur teknologi strategis nasional untuk mendukung dan mempercepat pencapaian sasaran program-program inovasi dan teknologi nasional yang didukung dengan pelibatan publik sebagai bagian dari partisipasi dan akuntabilitas.
4	Membangun Ekosistem Talenta KA Nasional untuk memperkuat daya saing Indonesia
5	Membangun sistem terpadu untuk mengelola, menghubungkan, dan memantau implementasi *use case* kecerdasan artifisial guna mendorong adopsi yang strategis, efisien, dan berbasis data di tingkat nasional.



Bab 6

Rekomendasi Strategi Peta Jalan dan Identifikasi *Quick Win*

6.1 Strategi, Program, dan Kegiatan

6.2 Program *Quick Win*

Rekomendasi strategi Peta Jalan KA disusun berdasarkan 4 (empat) Arah Kebijakan yaitu Penguatan Keterlibatan Berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintah (*Empowering Multistakeholder & Whole-of Government*), Pengembangan Inovasi (*Nurturing Innovation*), Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi (*Improving Technology, Research, and Innovation Capability Capacity*), serta Mitigasi Risiko (*Mitigating Risks*). Masing-masing arah kebijakan memuat strategi yang diidentifikasi berdasarkan kebutuhan dari aspek Etika, Kebijakan, Infrastruktur dan Data, Riset dan Inovasi Industri, Pengembangan Talenta, Investasi/Pembiayaan dan *Use Case*.

6.1 Strategi, Program, dan Kegiatan

Strategi memuat program dan kegiatan yang menjadi inisiatif dalam pelaksanaan Peta Jalan KA Nasional dalam jangka waktu 5 (lima) tahun kedepan. Penentuan inisiatif program dan kegiatan tersebut didasarkan pada hasil analisis TOWS yang memperhatikan pertimbangan dampak yang dideskripsikan melalui keluaran yang diharapkan, waktu yang diperlukan untuk implementasinya, serta penanggung jawab (aktor) dan keterkaitannya dengan instansi/pemangku kepentingan terkait.

1. Penguatan Keterlibatan Berbagai Pihak dan Seluruh Lini Pemerintah (*Empowering Multistakeholder & Whole-of Government*)

Strategi 1.1

Membentuk Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional yang mendukung multipemangku kepentingan untuk sinkronisasi dan akselerasi agenda KA nasional yang berorientasi pada inovasi KA yang memberikan nilai tambah bagi ekonomi digital nasional.

Program 1.1.1: Penguatan Koordinasi KA Nasional

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Membentuk Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Terbentuknya Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Kuartal IV - 2025	Kementerian Komunikasi dan Digital	Seluruh K/L terkait, Akademisi, Industri, Asosiasi, Media.
Melakukan Monitoring dan Evaluasi berkala terhadap Implementasi Peta Jalan KA Nasional	Tersedianya Laporan Hasil Monitoring dan Evaluasi terhadap Implementasi Peta Jalan KA Nasional	2026 - 2029	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Seluruh K/L terkait, Akademisi, Industri, Asosiasi, Media.

Strategi 1.2

Mendorong keterlibatan Pemerintah Indonesia dalam diplomasi, koordinasi, dan inisiatif kerjasama internasional, termasuk dengan badan standar internasional dan industri guna mendorong pengembangan dan penerapan KA yang bertanggung jawab.

Program 1.2.1: Perluasan Akses, Kerjasama dan Kolaborasi Internasional

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyelenggarakan forum KA internasional yang mengundang pakar, akademisi, praktisi untuk memperkuat ekosistem KA nasional	Terselenggaranya Forum internasional KA yang diselenggarakan di Indonesia, kehadiran dan partisipasi pemangku kepentingan global di forum KA nasional, dokumen hasil forum KA yang berisi komitmen-rekomendasi, jejaring, eskplorasi, dan kolaborasi baru	2026 - 2029	K/L terkait	Seluruh K/L terkait
Menyusun dan menandatangani kesepakatan/Nota Kesepahaman bilateral, multilateral untuk memperkuat kerjasama dan kolaborasi ekosistem KA nasional	Tersedianya Nota Kesepahaman, *Letter of Intent*, Proyek kolaboratif multinasional, keanggotaan resmi Indonesia dalam inisiatif multilateral	2026 - 2029	Kementerian Luar Negeri, K/L Terkait	Seluruh K/L terkait
Mengirim delegasi khusus ke forum-forum KA internasional, seperti OECD, UNESCO, G20, ASEAN, BRICS	Tersedianya referensi pembelajaran KA terbaik dan *best practices* KA	2026 - 2029	K/L terkait	Seluruh K/L terkait

Membentuk aliansi strategis dengan industri dan/atau badan standar internasional	Terwujudnya referensi nota Kesepahaman, proyek kolaborasi dengan industri, investasi, akses ke sumber daya pengetahuan dan teknologi KA terkini	2026 - 2029	K/L terkait	Seluruh K/L terkait
Membentuk jejaring KA Nasional yang terdiri dari peneliti, ilmuwan dan diplomat teknologi yang aktif mengisi forum-forum internasional, dan melibatkan universitas nasional dan internasional, dalam rangka menguatkan Diplomasi KA dan Sains (*AI and Science Diplomacy*)	Terbentuknya Jejaring KA Nasional untuk menguatkan Diplomasi KA dan Sains (*AI and Science Diplomacy*)	2026 - 2029	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Seluruh K/L terkait
Mengintegrasikan Panduan Internasional (*soft law)* ke dalam regulasi dan kebijakan nasional	Terintegrasinya berbagai pedoman/panduan internasional KA kedalam kebijakan/regulasi nasional	2026 - 2029	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Seluruh K/L terkait

Strategi 1.3

Menguatkan mekanisme koordinasi lintas K/L/D seperti SPBE, teknologi pemerintahan digital, dan SDI untuk memperkokoh kolaborasi lintas sektor sebagai infrastruktur dasar pengembangan KA oleh berbagai pihak, terutama untuk pemanfaatan sektor publik dan inovasi.

Program 1.3.1: Penguatan Orkestrasi Lintas K/L/D untuk Infrastruktur KA Nasional

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun mekanisme koordinasi lintas K/L/D untuk integrasi infrastruktur dan data dalam ekosistem KA nasional.	Tersedianya pedoman koordinasi lintas sektor yang disepakati	Kuartal IV - 2025	Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi	Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia , Badan Riset Inovasi Nasional, Badan Siber dan Sandi Negara
Mengintegrasikan perencanaan Pemerintah Digital, SDI, dan *Government cloud* ke dalam platform interoperabilitas KA.	Tersedianya laporan hasil forum, daftar tindak lanjut antarinstansi	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) , Badan Riset Inovasi Nasional , semua instansi pengguna *Government cloud*

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanaan forum tahunan lintas K/L/D untuk evaluasi dan sinkronisasi perencanaan infrastruktur KA.	Tersedianya Peraturan Presiden mengenai KPBU/PPP untuk Teknologi KA	2026 - 2029	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)	Kementerian Komunikasi dan Digital, , Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi , Badan Riset Inovasi Nasional , Kementerian sektoral, Pemerintah Daerah
Program 1.3.2: Penguatan Interoperabilitas Data Lintas K/L/D				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Melakukan harmonisasi dan standardisasi format data serta Antarmuka Pemrograman Aplikasi (API) lintas kementerian/ lembaga untuk mendukung interoperabilitas sistem KA.	Tersedianya dokumen standar teknis nasional untuk platform KA, mencakup spesifikasi API, format data, dan keamanan.	Kuartal I - 2026	Kementerian Komunikasi dan Digital, , Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)	K/L terkait, Koordinator SPBE, Inisiatif Satu Data Indonesi, Badan Siber dan Sandi Negara (keamanan), Badan Pusat Statistik (metadata statistik), Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia (data daerah)
Mengembangkan gerbang API terpadu (*unified* API *gateway*) untuk memfasilitasi pertukaran data yang aman dan terstandar antarsistem.	Tersedianya Arsitektur gerbang API yang terintegrasi dengan layanan otentikasi dan otorisasi terpusat.	Kuartal I - Kuartal IV - 2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	BSSN (keamana n), Badan Pusat Statistik (metadata statistik), Kementeri an Dalam Negeri (data daerah)

Strategi 1.4

Merevitalisasi kelembagaan dan Kerjasama Pemerintah-Swasta (KPBU/PPP) dengan menjadikan skema KPBU sebagai motor penggerak utama investasi KA dan menguatkan kapasitas fiskal dan kelembagaan untuk memastikan penyerapan investasi yang cepat, akuntabel, dan tepat sasaran.

Program 1.4.1: Penyusunan Peraturan Presiden mengenai KPBU/PPP untuk Penyediaan Teknologi KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun peraturan presiden terkait KPBU/PPP untuk penyediaan teknologi KA	Tersedianya peraturan presiden terkait KPBU/PPP untuk penyediaan teknologi KA	2026	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM	Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perindustrian, Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM, K/L terkait

Strategi 1.5

Menguatkan kolaborasi multipihak regional dan internasional untuk peningkatan investasi KA.

Program 1.5.1: Penguatan Kolaborasi Multi-Pihak untuk Peningkatan Investasi KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Membangun forum kolaborasi multi-pihak seperti *investment summit*	Terbentuknya jejaring kolaborasi investasi KA	2026 - 2029	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM	Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perindustrian

Strategi 1.6

Menguatkan kolaborasi riset dan inovasi KA nasional secara terarah , serta menguatkan kemitraan industri-akademik.

Program 1.6.1: Transfer Teknologi dan Prioritas Riset dan Inovasi KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Memetakan pusat riset dan inovasi KA di perguruan tinggi untuk identifikasi spesialisasi teknologi KA dan sektor KA terapan	Terpetakannya spesialisasi riset dan inovasi teknologi KA dan sektor KA terapan, sehingga agenda riset dan inovasi menjadi terarah, terfokus pada keunggulan dan tidak terjadi duplikasi.	Kuartal I - 2026	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Badan Riset Inovasi Nasional, Universitas, Industri, Komdigi
Mengembangkan kemitraan industri-akademik dalam transfer teknologi KA	Pengembangan kemitraan industri-akademik dengan penguatan pusat riset KA dan *science technopark*	Kuartal I - 2027	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Badan Riset Inovasi Nasional, Perguruan Tinggi, Industri, Kementerian BUMN, Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perindustrian, Pemda terkait

Strategi 1.7

Mereformasi kurikulum Pendidikan pada tingkat dasar, menengah dan tinggi bidang KA dengan pendekatan modular, *microcredential*, dan *project-based learning*.

Program 1.7.1: Penguatan Kurikulum Pembelajaran KA untuk Pendidikan Dasar, Menengah, Tinggi

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan, mengevaluasi, dan meningkatkan capaian implementasi atas Permendikdasmen No 13/2025	1. Terlaksananya Permendikdasmen no 13/2025 2. Tercapai peningkatan jumlah sekolah penyelenggara yang tersebar seluruh sekolah di Indonesia (minimal 3% pertahun)	2026 - 2029	Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah	Kementerian Komunikasi dan Digital dan Pemerintah Provinsi
Melaksanakan PEPPP (Penetapan, Pelaksanaan, Evaluasi, Pengendalian, dan Peningkatan) penggunaan dan literasi KA pada pendidikan dasar, menengah, vokasi, tinggi	Tersedianya Panduan, sistem dan laporan monev literasi KA di seluruh PAUD, SD, SMP, SMA, SMK dan PT	2026 - 2029	Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah; Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Komunikasi dan Digital dan Pemerintah Provinsi
Memberikan pelatihan kepada pengajar (ToT) Modul pembelajaran KA untuk guru-guru pada Lembaga pendidikan di lingkungan Kementerian Agama	Terlaksananya pembelajaran KA di seluruh lembaga pendidikan di lingkungan Kementerian Agama	2026 - 2029	Kementerian Agama	Kementerian Komunikasi dan Digital, Pemerintah Provinsi, Pemerintah Kabupaten

2. Pengembangan Inovasi (*Nurturing Innovation*)

Strategi 2.1

Menguatkan Harmonisasi peraturan perundang-undangan serta kerangka kebijakan nasional yang komprehensif dan adaptif dengan standar internasional, untuk mendorong interoperabilitas data melalui pemanfaatan SDI, SPBE, teknologi pemerintahan digital, investasi pengembangan KA dan infrastruktur pendukung ekosistem KA di Indonesia.

Program 2.1.1: Penguatan Harmonisasi Peraturan Perundang-Undangan

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan Koordinasi antar K/L dalam rangka harmonisasi peraturan perundang undangan dan sinkronisasi peran	Tersedianya daftar peraturan perundang undangan yang perlu disempurnakan untuk mendukung ekosistem KA	2026	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Menyusun rancangan peraturan perundang-undangan terkait untuk mendukung ekosistem KA	Tersedianya Rancangan Peraturan Perundang-Undangan terkait untuk mendukung ekosistem KA	2027	K/L terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Strategi 2.2

Mengakselerasi inovasi dengan pendekatan *open innovation* untuk meningkatkan skalabilitas *Sandbox* KA agar pengembangan KA dapat dilakukan dengan lebih cepat, efektif, etis, bertanggung jawab, multisektor, dan inklusif

Program 2.2.1: Penguatan Inovasi Terbuka dan Inklusif untuk Skalabilitas *Sandbox* KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun panduan *sandbox* lintas sektor untuk pengujian dan kolaborasi pengembangan KA	Tersedianya rancangan panduan *sandbox* lintas sektor	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Membangun platform *sandbox* terbuka lintas sektor untuk pengujian dan kolaborasi pengembangan KA	Tersedianya platform *sandbox* terbuka lintas sektor untuk uji coba dan pengembangan teknologi KA secara kolaboratif, terpercaya, aman dan bertanggung jawab.	2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Membangun platform *sandbox* terbuka sektoral untuk pengujian dan kolaborasi pengembangan KA	Tersedianya platform *sandbox* terbuka sektoral untuk uji coba dan pengembangan teknologi KA secara kolaboratif, terpercaya, aman dan bertanggung jawab.	2027	K/L terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Menyelenggarakan *hackathon*, kompetisi, dan program inkubasi untuk mendorong inovasi terbuka terutama pada bidang prioritas	Terlaksananya rangkaian *hackathon*, kompetisi inovasi, dan program inkubasi mendorong pengembangan solusi KA secara terbuka, kolaboratif, dan inklusif pada bidang prioritas	2026–2029	K/L terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Menyelenggarakan forum-forum dan partisipasi aktif dari akademisi, pelaku industri, pemerintah, dan masyarakat sipil	Terlaksananya forum-forum multipihak yang mendorong kolaborasi strategis, pertukaran pengetahuan, dan pengambilan kebijakan berbasis konsensus dalam pengembangan dan pemanfaatan KA	2026 - 2029	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Menyebarkan hasil dan praktik terbaik dari *sandbox* secara terbuka untuk replikasi dan pembelajaran bersama	Terselenggaranya penyebaran informasi hasil dan praktik terbaik dari platform *sandbox* secara terbuka dan terstruktur, guna mendorong replikasi, kolaborasi, dan pembelajaran bersama, serta penyempurnaan kebijakan/regulasi di ekosistem KA	2025 - 2029	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Strategi 2.3

Menguatkan keterlibatan kelompok rentan seperti perempuan, disabilitas, dan masyarakat adat dalam pengembangan dan pemanfaatan KA termasuk pada proses perancangan dan evaluasi produk KA

Program 2.3.1: Penguatan Keterlibatan Kelompok Rentan dalam Pengembangan dan Pemanfaatan KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan pelatihan teknis dan dukungan akses bagi kelompok rentan seperti anak, perempuan, penyandang disabilitas, dan masyarakat adat	Terselenggaranya program pelatihan teknis dan pemberian dukungan akses secara afirmatif bagi kelompok rentan guna memastikan keterlibatan yang setara dan bermakna dalam pengembangan serta pemanfaatan KA.	2026 - 2029	K/L terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Mengarusutamakan kebijakan afirmasi dalam penyusunan regulasi KA untuk memastikan keterwakilan dan pelindungan kelompok rentan	Tersusunnya dan diterapkannya kebijakan afirmatif yang menjamin keterwakilan aktif serta pelindungan hak kelompok rentan termasuk perempuan, penyandang disabilitas, dan masyarakat adat dalam ekosistem pengembangan dan penerapan KA	2025 - 2029	K/L terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Mengembangkan evaluasi inklusif dengan mengundang umpan balik dari berbagai sektor	Terbangunnya sistem evaluasi inklusif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan dari sektor publik, swasta, akademisi, masyarakat sipil, dan kelompok rentan untuk memastikan pengembangan KA	2025 - 2029	Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Strategi 2.4

Mengembangkan instrumen pembiayaan inovatif dan pemberdayaan modal domestik diwujudkan dengan menciptakan ekosistem pembiayaan yang mandiri melalui peluncuran produk seperti *Sovereign AI Fund* dan *blended financing* serta memberdayakan modal ventura lokal untuk mengisi kesenjangan pendanaan tahap awal

Program 2.4.1: Pengembangan Instrumen Pembiayaan Inovatif dan Penguatan Modal Domestik

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan *Business matching*	Tercapai peningkatan minat investor lokal pada proyek strategis KA.	2026 - 2029	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM	Kementerian Keuangan, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan

				Pembangunan Nasional (Bappenas), Kementerian Badan Usaha Milik Negara, Daya Anagata Nusantara (Danantara)
Membangun Instrumen Pembiayaan Inovatif.	1. Terbentuknya *Sovereign AI Fund* dengan dasar hukum yang jelas. 2. Tersedianya model skema *Blended Financing* untuk proyek KA strategis.	2027 - 2029	Daya Anagata Nusantara (Danantara)	Kementerian BUMN, Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM , Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi
Memberdayakan Modal Ventura Domestik untuk Pendanaan Tahap Awal.	1. Peningkatan jumlah dan nilai investasi dari modal ventura domestik pada rintisan usaha KA. 2. Tersedianya platform penghubung antara rintisan usaha dan modal ventura lokal.	2026	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM	Kementerian Keuangan; Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Koperasi; Kementerian Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah.
Mengembangkan Skema Insentif untuk Investasi Domestik di Sektor KA.	1. Terbitnya peraturan mengenai insentif fiskal bagi investor domestik di sektor KA. 2. Meningkatnya porsi investasi domestik dalam pendanaan teknologi nasional.	2026	Kementerian Keuangan	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM; Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas); Kementerian Perindustrian, Daya Anagata Nusantara (Danantara).

Program 2.4.2: Penguatan Pasar Domestik untuk Produk dan Jasa KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun revisi sistem pengadaan barang/jasa pemerintah untuk mendorong penerapan KA yang etis dan bertanggung jawab	1. Terciptanya pangsa pasar solusi KA domestik di pasar nasional. 2. Terlaksananya kampanye nasional adopsi teknologi KA dalam negeri.	2026 - 2029	Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/ Jasa Pemerintah	Kementerian Perindustrian; Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah

Strategi 2.5

Menerapkan hasil riset KA untuk menghasilkan inovasi KA yang terintegrasi dengan kebutuhan nasional dan produk KA unggulan yang kompetitif

Program 2.5.1: Pelaksanaan Transfer Teknologi dan Hilirisasi Hasil Riset KA yang Terintegrasi dengan Kebutuhan Nasional dan Pengembangan Produk KA Unggulan

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menganalisis hasil riset KA yang dapat dihilirisasi dan terintegrasi dengan kebutuhan nasional dan produk KA unggulan	Tersedianya daftar produk hilirisasi hasil riset KA terintegrasi dengan kebutuhan nasional dan produk KA unggulan	kuartal III - 2026	Pusat riset KA di Perguruan Tinggi	Pelaku Usaha dan Industri, Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perindustrian, Asosiasi, Kementerian BUMN, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi

Mengembangkan hilirisasi produk KA unggulan	Operasional pengembangan hilirisasi dan produk KA unggulan	Kuartal II - 2028	Pusat riset KA di perguruan tinggi	Pelaku Usaha dan Industri, Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perindustrian, Asosiasi, Kementerian BUMN, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi
Program 2.5.2:Peningkatan Adopsi Produk KA Dalam Negeri				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Mempromosikan adopsi produk hasil hilirisasi riset dan inovasi KA dalam negeri	Terjadi peningkatan jumlah adopsi produk hasil hilirisasi riset dan inovasi KA dalam negeri	Kuartal I - 2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Universitas, Pelaku Usaha dan Industri, K/L Terkait
Program 2.5.3: Pelaksanaan Evaluasi Adopsi dan Dampak KA terhadap Pembangunan Sosial dan Ekonomi				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Menyusun metodologi pengukuran adopsi dan dampak KA terhadap pembangunan sosial dan ekonomi	Terciptanya metodologi pengukuran adopsi dan dampak KA terhadap pembangunan sosial dan ekonomi	Kuartal I - 2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Pelaku Usaha dan Industri, Universitas, Asosiasi, K/L Terkait
Melaksanakan dan mempublikasikan hasil evaluasi adopsi dan dampak KA	Terpublikasinya hasil evaluasi adopsi dan dampak KA	Kuartal I - 2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Pelaku Usaha dan Industri, Universitas, Asosiasi, K/L Terkait

Strategi 2.6

Menguatkan lingkungan belajar untuk pengembangan dan pemberdayaan Talenta KA melalui kolaborasi internasional dan partisipasi diaspora Indonesia.

Program 2.6.1: Penguatan Lingkungan Belajar Talenta KA untuk Pembelajaran dan Bekerja Sesuai Kebutuhan Pasar

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Mengembangkan dan mengelola modul pelatihan DTS bidang KA	Tersedianya modul pelatihan pada bidang KA mulai dari level pemula, intermediat, lanjut untuk mencetak talenta KA Nasional hingga level *Practitioner*	2025	Kementerian Komunikasi dan Digital	Perguruan Tinggi, Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi , Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah
Mendirikan "*Digital Talent Center*" untuk melaksanakan Ekosistem Talenta KA guna pemberdayaan Inovasi produk *Startup* KA	Terwujudnya pendirian DTC di setiap provinsi untuk talenta pekerja	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Perindustrian, Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah, Kementerian Ekonomi Kreatif
Melaksanakan program DTS (*Digital Talent Scholarship*) dan AITF (*AI Talent Factory*) untuk menyediakan talenta KA sesuai kebutuhan *use case* nasional	Tersedianya talenta KA per tahun 110.000 talenta dengan detail berikut: a. Dengan estimasi Talenta Pengembang KA dihasilkan melalui AITF sebesar 30% (sebaran talenta pengembang KA terdiri dari *30% AI Specialist* dan *70% AI Practioner*), dan b. Estimasi Talenta Pengguna KA sebesar 70% dihasilkan melalui DTS	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Perindustrian, Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah, Kementerian Ekonomi Kreatif, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi , Kementerian Kesehatan, Kementerian Koperasi, K/L terkait

Mengaktifkan potensi diaspora sebagai mentor ahli bagi Pengembang KA untuk memfasilitasi transfer pengetahuan dan koneksi ke industri global.	Tersedianya Platform Pendampingan Diaspora	2025 - 2029	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Perindustrian, Kementerian Komunikasi dan Digital, K/L terkait.

Program 2.6.2: Penguatan Kolaborasi untuk Mengakselerasi Pengembangan Talenta KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Mengoptimalkan kerja sama bilateral dan multilateral untuk program beasiswa, pertukaran ahli, dan pelatihan intensif bidang KA dengan negara atau institusi berkeahlian tinggi.	1. Terlaksananya program beasiswa dan pertukaran ahli KA dengan negara/ institusi mitra. 2. Tercapainya Peningkatan jumlah talenta KA bersertifikasi internasional melalui program kolaborasi.	2025 - 2028	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Luar Negeri; Kementerian Keuangan; Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas).

Strategi 2.7

Menguatkan lingkungan inovasi untuk pengembangan Talenta KA melalui kolaborasi internasional dan partisipasi diaspora Indonesia.

Program 2.7.1: Pemberdayaan Talenta untuk Riset dan Pengembangan Produk Berbasis Kebutuhan Pasar				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Membangun "Inovasi Digital Hub" untuk memperkuat jejaring pemberdayaan Talenta KA Nasional.	Terbentuknya "Inovasi Digital Hub" melengkapi program "*Digital Talent Center*" (DTC)	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Perindustrian, Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah , Kementerian Ekonomi Kreatif
Mewujudkan Ekosistem dan "Inovasi Digital Hub" yang terhubung dengan Industri besar, *Startup* Digital, UMKM, dan stakeholder terkait.	Terciptanya 100 *Startup* Digital bidang KA yang inovatif dan berkualitas	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Perindustrian, Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah, Kementerian Ekonomi Kreatif
Membangun Kolaborasi internasional untuk mendukung pertumbuhan *startup* KA Indonesia	Terbentuknya kolaborasi 10 industri internasional (membuat *startup* dengan dukungan industri international (Microsoft, Huawei, dsb) sampai *spin off*)	2025 - 2029	Kementerian Perindustrian	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi , K/L terkait.
Memperkuat *"AI Center of Excellence"* dengan akses pendanaan & jaringan (memanfaatkan dukungan global dan jaringan diaspora untuk menarik pendanaan tahap awal dan memperluas jaringan inkubator)	Terbentuknya Jaringan inkubator industri KA	2025 - 2029	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Perindustrian, K/L terkait.

Program 2.7.2: Peningkatan Sistem Pendidikan dan Pelatihan Digital				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Menyelesaikan SKKNI KA dengan unit kompetensi yg sesuai perkembangan Teknologi KA	Terlaksananya penyetaraan capaian lulusan pada kurikulum pendidikan tinggi dan perbaikan Peta Okupasi Nasional	2025	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Ketenagakerjaan, Perguruan Tinggi, Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) , Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) , Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi
Menyelaraskan Peta Okupasi untuk Industri pada ruang lingkup Sains Data dan KA	Tersedianya Peta Okupasi yang memuat bidang KA yang menghasilkan Sertifikasi Mahasiswa dan pekerja Industri	2025	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Ketenagakerjaan, Perguruan Tinggi, Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) , Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) , Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi
	Tersedianya Peta Okupasi yang memuat bidang KA yang menghasilkan kompetensi wirausaha untuk menciptakan industri KA	2025	Kementerian Ketenagakerjaan	Perguruan Tinggi, Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP)

				Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP) , Sekolah Menengah Kejuruan, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi
	Tersedianya Peta Okupasi bidang Komdigi untuk ASN yang memuat bidang KA (*Matching* dengan 10 Jabatan Fungsional ASN)	2025	Kementerian Komunikasi dan Digital	Badan Kepegawaian Negara, Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, Lembaga Pembina 10 Jabatan Fungsional

Strategi 2.8

Mendorong pemberdayaan Talenta KA pada dunia usaha, industri dan kerja (Dudika)

Program 2.8.1: Pemberdayaan Talenta KA pada Dunia Usaha, Industri dan Kerja (Dudika)

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Memberdayakan Talenta KA yang terintegrasi dengan Industri Nasional	Terwujudnya peningkatan jumlah talenta KA (termasuk kelompok rentan, wanita dan disabilitas) hasil pelatihan yang diterima di Industri melalui Platform SIAPkerja	2025 - 2029	Kementerian Ketenagakerjaan	Sekolah Menengah Kejuruan, Perguruan Tinggi, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah, Kementerian Komunikasi dan Digital

Mengharmonisasikan kompetensi KA berbasis kebutuhan Industri setara internasional	Tersedianya kompetensi KA berbasis kebutuhan industri setara internasional	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	K/L terkait
Melaksanakan Program Beasiswa S2/S3 luar, atau dalam negeri di perguruan tinggi ternama bagi talenta KA terbaik (yang masuk pada *Digital Talent Pool* nasional)	Terwujudnya 500 talenta terbaik di bidang KA setiap tahun	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Lembaga Pengelola Dana Pendidikan, Kementerian Keuangan, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)

Strategi 2.9

Mengakselerasi pemanfaatan Kecerdasan Artifisial pada Bidang Prioritas

Program 2.9.1: Pemanfaatan KA pada Bidang Prioritas

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan pemanfaatan KA pada layanan publik Pemerintahan	Terlaksananya pemanfaatan KA pada layanan publik Pemerintahan	2025 - 2029	K/L terkait	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Kementerian Keuangan, K/L terkait

Melaksanakan pemanfaatan KA pada Bidang Prioritas	Terlaksananya pemanfaatan KA pada Bidang Prioritas	2025 - 2029	K/L terkait	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Kementerian Keuangan, K/L terkait
Melaksanakan pemanfaatan KA pada program hasil terbaik cepat (*Quick Win*)	Terlaksananya pemanfaatan KA pada program hasil terbaik cepat (*Quick Win*)	2025 - 2029	K/L terkait	Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Kementerian Keuangan, K/L terkait

3. Peningkatan Kapabilitas dan Kapasitas Teknologi, Riset, dan Inovasi (*Improving Technology, Research, and Innovation Capability and Capacity*)

Strategi 3.1

Melakukan percepatan dalam peningkatan stabilitas, kecepatan, dan pemerataan infrastruktur jaringan internet dan pemenuhan pasokan energi pendukung pengembangan dan adopsi KA termasuk melalui energi baru dan terbarukan.

Program 3.1.1: Peningkatan Konektivitas dan Kualitas Jaringan Telekomunikasi

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Memutakhirkan peta kebutuhan konektivitas untuk *use case* KA di sektor publik wilayah 3T	Tersedianya peta prioritas wilayah dan kebutuhan konektivitas untuk KA di sektor publik wilayah 3T	Kuartal I - II 2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi, Kementerian Kesehatan,

				Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Kementerian Dalam Negeri
Meningkatkan kapabilitas infrastruktur jaringan telekomunikasi melalui perluasan dan peningkatan kualitas layanan BTS 4G/5G, fiber optik, satelit, dan/ atau pemanfaatan teknologi konektivitas jaringan lainnya	Tersedianya laporan perluasan dan peningkatan kualitas layanan dengan cakupan pemanfaatan untuk KA	2026 - 2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi, Pelaku Usaha dan Industri
Program 3.1.2: Pelaksanaan Transisi Energi Baru dan Terbarukan untuk Pusat Data				
Memetakan potensi energi terbarukan untuk mendukung beban pusat data (PDN & swasta)	Tersedianya peta potensi energi terbarukan untuk mendukung beban pusat data (PDN & swasta)	2026 - 2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian/ Lembaga terkait, Pelaku Usaha dan Industri
Menyusun skema insentif dan regulasi untuk adopsi energi hijau oleh operator pusat data	Terpetakannya lokasi potensial Energi Baru dan terbarukan (EBT) untuk suplai daya pusat data	2026	Kementerian Energi Sumber Daya Mineral	Kementerian Komunikasi dan Digital, Pelaku Usaha dan Industri, Perusahaan Listrik Negara
	Terwujudnya rancangan regulasi/insentif berbasis energi hijau untuk pusat data	Kuartal II - IV 2026	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/BKPM	Kementerian Keuangan, Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Perindustrian, Perusahaan Listrin Negara, Pelaku Usaha dan Industri

Strategi 3.2

Mendorong Pengembangan infrastruktur KA untuk meningkatkan daya saing ekosistem KA.

Program 3.2.1: Pengembangan Infrastruktur KA untuk Meningkatkan Daya Saing Ekosistem KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun instrumen monitoring utilisasi infrastruktur untuk mendukung pengembangan KA	Tersedianya instrumen monitoring untuk mendukung pengembangan KA	2025 – 2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Badan Riset Inovasi, Kementerian Badan Usaha Milik Negara, Pelaku Usaha dan Industri
Melakukan monitoring utilisasi infrastruktur untuk mendukung pengembangan KA	Tersedianya Laporan Monitoring utilisasi infrastruktur untuk mendukung pengembangan KA	2025 – 2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian/ Lembaga terkait
Menyelenggarakan infrastruktur bersama lintas sektor untuk mendukung pengembangan dan pemanfaatan KA termasuk pengembangan talenta, riset dan inovasi.	Tersedianya infrastruktur bersama lintas sektor untuk mendukung pengembangan dan pemanfaatan KA.	2027	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian/ Lembaga terkait, Pemerintah Daerah, Universitas, Pelaku Usaha dan Industri

Strategi 3.3

Menguatkan kapabilitas dan kapasitas riset dan inovasi industri dengan akses data riset, insentif karir periset dan penguatan jejaring nasional dan internasional.

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Program 3.3.1: Pembangunan Platform Data Riset Terkurasi Nasional				
Mengkaji Desain Platform Data Riset Terkurasi Nasional	Tersedianya Desain Platform Data Riset Terkurasi Nasional dan Pengelolaanya	Kuartal I 2026	Badan Riset Inovasi Nasional	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Universitas, Industri
Membangun Platform Data Riset Terkurasi Nasional	Tersedianya Platform Data Riset Terkurasi Nasional	Kuartal III 2026	Badan Riset Inovasi Nasional	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Universitas, Industri
Program 3.3.2: Pembangunan *Hub* Jejaring Riset dan Inovasi KA				
Mengkaji desain *hub* jejaring riset dan inovasi yang menghubungkan antara penelitian di lembaga akademik dengan pelaku industri di dalam dan luar negeri	Tersedianya Desain *Hub* Jejaring Riset Kolaborasi Internasional	Kuartal I 2026	Badan Riset Inovasi Nasional	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Universitas, Industri
Membangun tata kelola dan platform *hub* jejaring riset dan inovasi	Terlaksananya *Hub* Jejaring Riset Kolaborasi Internasional	Kuartal II 2027	Badan Riset Inovasi Nasional	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Universitas, Industri
Program 3.3.3: Penguatan Sumber Daya Periset dan Inovasi KA				
Membuat skema insentif periset KA	Tersedianya Skema insentif bagi periset KA	Kuartal I 2026	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Ketenagakerjaan, Kementerian Keuangan, Industri

Membuat skema hibah khusus untuk penelitian KA	Tersedianya Skema khusus hibah penelitian KA untuk prioritas riset dan inovasi	Kuartal I 2027	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Ketenagakerjaan, Badan Riset Inovasi Nasional, Industri
Memberikan penghargaan periset KA	Terlaksananya Penghargaan periset berprestasi terhadap kontribusi ke riset dan inovasi KA	Kuartal I 2028	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian/ Lembaga terkait, industri, Pusat riset KA di Perguruan Tinggi
Memfasilitasi pengembangan jejaring lembaga riset KA dengan mitra dalam dan luar negeri dalam kerjasama peningkatan kapasitas dan kapabilitas periset KA	Tersedianya jejaring global untuk pelatihan periset KA	Kuartal I 2026	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Komunikasi dan Digital, Badan Riset Inovasi Nasional, Industri

Strategi 3.4

Meningkatkan pelatihan untuk adopsi teknologi KA pada seluruh sektor

Program 3.4.1: Peningkatan Adopsi Teknologi KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan Literasi KA secara Nasional	Terdapat 5 juta *AI Impacted* terliterasi KA	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Perguruan Tinggi, Komunitas

	Terdapat 5 juta *AI user+impacted* untuk disabilitas	2025 - 2029	Kementerian Sosial	Komunitas Disabilitas, Dewan Nasional Indonesia untuk Kesejahteraan Sosial (DNIKS)
	Terdapat 20 juta *AI user* terliterasi KA	2025 - 2029	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah
Program 3.4.2: Peningkatan Adopsi Teknologi KA bagi Para Pimpinan				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Melaksanakan *Executive Program on Artificial Intelligence* and *Business Transformation*	Tercapainya peningkatan pemahaman strategis kepada para Eksekutif/ Perekrut Talenta KA di sektor industri bahwa dengan pemanfaatan KA dapat meningkatkan produktivitas, mendorong pertumbuhan pendapatan, mengoptimalkan efisiensi operasional, serta membuka peluang bisnis baru yang relevan, dengan target 500 pimpinan per tahun	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Perguruan Tinggi, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, *Global Technology*, Asosiasi
Program 3.4.3: Percepatan Adopsi KA di UMKM				
Kegiatan	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
Mengembangkan solusi KA yang Tepat Guna (sederhana dan terjangkau) untuk UMKM	Tersedianya solusi KA tepat guna untuk Usaha Mikro, Kecil dan Menengah	2026	Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah	Pelaku Industri, Kementerian/ Lembaga terkait

Strategi 3.5

Melaksanakan sertifikasi kompetensi Talenta KA pada industri global

Program 3.5.1: Pelaksanakan Sertifikasi Personal berdasarkan Unit Kompetensi yang dimilikinya Sesuai Dengan Teknologinya

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Merancang unit kompetensi secara bertingkat (*grading*) - level 1 tingkat SD sd level 9 tingkat S3. dan menyusun kombinasinya untuk dijadikan skema sertifikasi	Terlaksananya sertifikasi berdasarkan *micro* kompetensi	2025 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Ketenagakerjaan	Pelaku Usaha dan Industri, Kementerian/ Lembaga terkait
Mengintegrasikan unit kompetensi dengan sertifikasi perusahan lain seperti sertifikat Microsoft, Huawei, dll)	Terlaksananya sertifikasi perusahaan lain yang terintegrasi dengan unit kompetensi nasional	2026 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital, Kementerian Ketenagakerjaan	Pelaku Usaha dan industri, Kementerian/ Lembaga terkait

Strategi 3.6

Membangun strategi investasi yang dapat mendukung akselerasi pengembangan talenta KA

Program 3.6.1: Penguatan Investasi untuk Mengakselerasi Pengembangan Talenta KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Mengintegrasikan syarat Pengembangan Talenta dalam Skema Investasi, dengan mewajibkan komponen pengembangan SDM (alih teknologi, pelatihan, beasiswa) dalam setiap persetujuan investasi strategis, terutama dari luar negeri	Terbitnya peraturan/ pedoman yang mewajibkan investor menyertakan rencana pengembangan talenta KA dan tersedianya klausul baku pengembangan talenta dalam dokumen investasi	2025 - 2026	Kementerian Investasi dan Hilirisasi/Badan Koordinasi Penanaman Modal	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Kementerian Ketenagakerjaan, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas

4. Mitigasi Risiko (*Mitigating Risks*)

Strategi 4.1

Mendorong tata kelola Kecerdasan Artifisial (KA) yang etis dan bertanggung jawab dalam pengembangan dan pemanfaatan KA

Program 4.1.1: Pengembangan Pedoman Etika KA Nasional yang Adaptif

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun Pedoman Etika KA yang mencakup safeguards KA	Tersedianya pedoman Etika KA Nasional	Kuartal IV 2025	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Melaksanakan sosialisasi Pedoman Etika KA	Terlaksananya sosialisasi Pedoman Etika KA	2026	Kementerian/ Lembaga Terkait, Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Merancang platform penilaian sukarela etika, dengan acuan pada prinsip tata kelola KA etis.	Tersedianya platform penilaian sukarela etika, dengan acuan pada prinsip tata kelola KA etis.	2026	KementerianK/ Lembaga terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Melaksanakan Sosialisasi platform penilaian sukarela kepada pemangku kepentingan, terutama sektor publik dan penyedia teknologi domestik.	Terlaksananya sosialisasi platform penilaian sukarela kepada pemangku kepentingan, terutama sektor publik dan penyedia teknologi domestik.	2026 - 2027	Kementerian/ Lembaga terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat
Melaksanakan Monitoring dan evaluasi implementasi platform penilaian, serta pembaruan berkala berdasarkan masukan pengguna.	Tersedianya laporan monitoring dan evaluasi implementasi platform penilaian sukarela	2027	Kementerian/ Lembaga terkait	Kementerian Koordinator, K/L terkait, Industri, Akademisi, dan Masyarakat

Program 4.1.2: Penyusunan Pedoman Teknis dan Standar Nasional Tata Kelola KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Melaksanakan *Focus Group Discussion* dan *Workshop*	Tersedianya rangkuman masukan dari para pakar, pemangku kepentingan atas Rancangan Pedoman Teknis KA dan Rancangan Standar Tata Kelola KA	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat

Menyusun rancangan Pedoman Teknis KA	Tersedianya Rancangan Pedoman Teknis KA	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Menyusun rancangan Standar Nasional Tata Kelola KA	Tersedianya Rancangan Standar Nasional Tata Kelola KA	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat

Strategi 4.2

Membangun ekosistem KA nasional yang bertanggung jawab, terbuka, dan inklusif melalui forum kolaborasi antarpemangku kepentingan, serta memperkuat akuntabilitas dengan menyediakan mekanisme skema pemulihan / *redressal* bagi masyarakat yang terdampak oleh sistem KA

Program 4.2.1: Pembentukan Observatorium Nasional KA sebagai Pusat Etika Kolaboratif dan Mekanisme Publik untuk Pelaporan Dampak, Dialog Lintas Sektor, dan Pelacakan Penyelesaian (*redress*) dalam Penggunaan Sistem KA

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Membentuk Observatorium Nasional KA untuk koordinasi multistakeholder terhadap penerapan Etika KA	Terbentuknya Observatorium Nasional KA multistakeholder (terdiri dari organisasi masyarakat sipil, akademisi, sektor privat, dan perwakilan pemerintah terkait).	2028	Kementerian Komunikasi dan Digital	Perwakilan pemerintah terkait, Sektor privat, Organisasi Masyarakat Sipil, Akademisi
Membangun sistem pelaporan publik yang memungkinkan individu atau kelompok yang terdampak oleh sistem KA mengajukan keluhan atau pelaporan.	Sistem pelaporan publik dan pelacakan penyelesaian dampak (*redress tracker*) yang aktif dan mudah diakses	2028	Kementerian Komunikasi dan Digital	Perwakilan pemerintah terkait, Sektor privat, Organisasi Masyarakat Sipil, Akademisi

Mengembangkan sistem pelacakan *redress* untuk memantau tindak lanjut dan penyelesaian yang dilakukan oleh penyedia sistem KA atau instansi terkait.	Tersedianya sistem pelacakan *redress* untuk pemantauan etika yang terintegrasi dengan *Dashboard monitoring use case* KA	2028		
Melaksanakan Evaluasi periodik terhadap efektivitas Observatorium, termasuk responsivitas terhadap laporan publik dan dampaknya terhadap kebijakan.	Tersedianya Laporan Evaluasi Pelaksanaan Observatorium KA	2028–2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	Perwakilan pemerintah terkait, Sektor privat, Organisasi Masyarakat Sipil, Akademisi

Strategi 4.3

Menyusun kebijakan pelindungan infrastruktur teknologi strategis nasional untuk mendukung dan mempercepat pencapaian sasaran program-program inovasi dan teknologi nasional yang didukung dengan pelibatan publik sebagai bagian dari partisipasi dan akuntabilitas.

Program 4.3.1: Penguatan Kebijakan Pelindungan Infrastruktur Teknologi Strategis Nasional

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun rancangan regulasi terkait standar keamanan dan pelindungan infrastruktur teknologi strategis	Tersedianya rancangan regulasi infrastruktur teknologi strategis nasional lengkap dengan standar keamanan, analisis risiko yang disosialisasikan kepada semua pemangku kepentingan, memastikan penerapan standar keamanan yang efektif	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat

Mengembangkan pedoman pelindungan yang terintegrasi untuk seluruh infrastruktur teknologi strategis	Tersusunnya dokumen pedoman pelindungan yang komprehensif meliputi aspek teknis, operasional, dan kelembagaan untuk memastikan kepatuhan dan efektivitas pengelolaan infrastruktur strategis	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Melaksanakan pelatihan dan peningkatan kapasitas bagi personil keamanan siber dalam menerapkan kebijakan pelindungan	Tersedianya modul dan materi pelatihan lengkap tentang kebijakan dan standar pelindungan, didukung oleh laporan evaluasi peningkatan kemampuan, serta pembentukan jaringan komunikasi dan forum diskusi antaraparat untuk berbagi pengalaman dan informasi terkini	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Melaksanakan monitoring dan evaluasi berkala terhadap pelaksanaan kebijakan pelindungan infrastruktur	Tersusunnya laporan monitoring rutin mengenai kepatuhan dan efektivitas kebijakan, dilengkapi dengan data dan analisis tren keamanan serta saran, strategi perbaikan dan publikasi hasil evaluasi untuk memastikan transparansi dan akuntabilitas	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat

Melaksanakan audit keamanan dan risiko secara rutin pada infrastruktur teknologi strategis	Tersusunnya laporan audit lengkap yang memuat temuan, status risiko, dan kerentanan infrastruktur, disertai rekomendasi teknis dan strategis, catatan rencana aksi peningkatan keamanan, rencana tindak lanjut perbaikan, serta sertifikat hasil sebagai indikator pemenuhan terhadap standar yang ditetapkan	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Melaksanakan sosialisasi dan komunikasi kebijakan kepada pemangku kepentingan dan publik	Terlaksananya sosialisasi melalui media komunikasi resmi untuk menyebarkan informasi kebijakan, serta peningkatan kesadaran dan pemahaman publik dan pemangku kepentingan terhadap kebijakan pelindungan infrastruktur teknologi strategis	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Menguatkan kolaborasi dengan sektor swasta dan lembaga terkait dalam penguatan pelindungan infrastruktur	Terselenggaranya kemitraan strategis antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga terkait dengan penyusunan dan penerapan standar keamanan bersama, pelaksanaan pelatihan dan simulasi kolaboratif, pertukaran data dan intelijen keamanan, pengembangan teknologi keamanan domestik, dan komunikasi efektif, serta dukungan terhadap inovasi dan teknologi baru di sektor swasta untuk meningkatkan pelindungan infrastruktur	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat

Mengembangkan sistem pelaporan dan mekanisme transparansi untuk deteksi dini dan respons terhadap ancaman	Tersusunnya sistem pelaporan terintegrasi yang mudah diakses oleh semua pemangku kepentingan yang relevan, dengan tampilan yang jelas, didukung teknologi pemrosesan data otomatis dan ancaman *real-time*, prosedur respons dan pelaporan insiden antarpihak terkait, serta laporan berkala penanganan insiden dan respons sebagai bahan evaluasi	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Melibatkan partisipasi publik dalam pengawasan dan evaluasi kebijakan pelindungan	Terselenggaranya mekanisme mudah bagi masyarakat untuk memberikan masukan dan keluhan melalui pertemuan, diskusi, website, dan media sosial, pelaksanaan survei penilaian kebijakan, pembagian hasil pengawasan secara terbuka, pelatihan warga untuk pengawasan kebijakan, serta penghubungan masyarakat dengan pemerintah dan pihak terkait guna kerja sama pengawasan	Kuartal III 2026	Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Koordinator, Kementerian/ Lembaga terkait, industri, akademisi, dan masyarakat
Melaksanakan simulasi nasional skenario gangguan/insiden siber dan bencana alam	Laporan hasil simulasi nasional yang mencakup evaluasi kesiapsiagaan, efektivitas respons, dan rekomendasi peningkatan ketahanan terhadap insiden siber atau bencana	Kuartal IV 2026	Badan Nasional Penanggulangan Bencana & Badan Siber dan Sandi Negara	Kementerian Komunikasi dan Digital, Pelaku usaha dan industri

Strategi 4.4

Membangun Ekosistem Talenta KA Nasional untuk memperkuat daya saing Indonesia

Program 4.4.1: Pemetaan Ketersediaan dan Kebutuhan Talenta KA Nasional

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menganalisis ketersediaan dan kebutuhan talenta KA Nasional	Terdefinisi jumlah kebutuhan pasar terhadap talenta KA di Indonesia	2026	Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian	Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan, Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah
	Terdefinisi jumlah kebutuhan talenta pekerja KA di industri dan di pemerintahan	2026	Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan	Kementerian Ketenagakerjaan, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan,Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi
	Terdefinisi jumlah kebutuhan talenta KA pada industri di Indonesia (penciptaan talenta wirausaha)	2026	Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan	Kementerian Ketenagakerjaan, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perdagangan, Kementerian Usaha Mikro, Kecil dan Menengah

Menyusun sistem manajemen pemberdayaan talenta KA untuk mendukung ekosistem talenta KA pada masing-masing K/L	Tersedianya sistem manajemen pemberdayaan talenta KA yang meliputi antara lain prosedur teknis, perencanaan kebutuhan talenta KA, peta karir dan praktik terbaik pada masing-masing K/L	2025 - 2029	Kementerian/ Lembaga Terkait	Seluruh Kementerian Koordinator dan kementerian di bawah nya
Mengoptimalkan Sistem Informasi Manajemen Talenta (SIMT) dan *Dashboard* untuk Talenta KA Nasional	Tersedianya peta talenta KA nasional berdasarkan keahlian yang dimiliki, persebaran wilayah, dan sektor industrinya	2025 - 2029	Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi	Kementerian Komunikasi dan Digital, Perguruan Tinggi, Badan Kepegawaian Negara

Strategi 4.5

Membangun sistem terpadu untuk mengelola, menghubungkan, dan memantau implementasi *use case* kecerdasan artifisial guna mendorong adopsi yang strategis, efisien, dan berbasis data di tingkat nasional.

Program 4.5.1: Pengembangan Platform Nasional untuk Manajemen Implementasi, Integrasi Katalog *Use Case*, dan Pemantauan Adopsi Kecerdasan Artifisial di Indonesia

Kegiatan	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
Menyusun kerangka kerja manajemen dan monitoring *use case* yang meliputi konseptualisasi, perencanaan, dan dokumentasi *use case* KA serta proses evaluasi, kurasi, dan verifikasi *use case* oleh kurator sektoral dan pemangku kepentingan.	Tersedianya kerangka kerja manajemen dan monitoring penerapan *use case* KA Nasional	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	K/L Terkait

Membangun platform digital untuk registrasi, katalogisasi, dan monitoring nasional bagi seluruh inisiatif *use case* KA di Indonesia.	Tersedianya Platform Digital KA sebagai Sistem online untuk pengajuan, monitoring, dan direktori *use case* KA nasional *(Minimum Viable Product/MVP)*	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	K/L Terkait
Melakukan Monitoring dan Evaluasi secara berkala terhadap penerapan dan dampak *use case* KA	Tersedianya laporan monitoring dan evaluasi terhadap penerapan dan dampak *use case* KA	2027 - 2029	Kementerian Komunikasi dan Digital	K/L Terkait

6.2 Program *Quick Win*

Penentuan program *Quick Win* berdasarkan sejumlah program dan kegiatan sebagaimana pada sub bab 6.1 yang menjadi inisiatif yang harus diselesaikan dalam jangka waktu satu tahun sejak Peta Jalan KA Nasional ditetapkan. Program dan kegiatan yang menjadi *Quick Win* diantaranya pembentukan **Gugus Tugas Koordinasi KA Nasional, penyusunan pedoman etika KA yang mencakup *safeguards* KA, dan penyusunan mekanisme koordinasi lintas K/L/D untuk integrasi infrastruktur dan data dalam ekosistem KA nasional.**

Adapun *Quick Win use case* ditentukan berdasarkan pemetaan permasalahan dan potensial solusi dari KA pada bidang prioritas KA yang mengacu pada RPJPN 2025–2045, RPJMN 2025–2029, dan Asta Cita. Terdapat 8 *Quick Win use case* yang menjadi fokus pengembangan dan pemanfaatan KA yang mendukung percepatan pengembangan inovasi *use case* KA di bidang prioritas dalam 5 (lima) tahun kedepan.

Bidang Prioritas: Ketahanan Pangan

Use Case	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
KA untuk Makan Bergizi Gratis (MBG)	• KA untuk Menu MBG yang sehat dan beragam yang disesuaikan dengan kekayaan pangan lokal setiap wilayah (Data Tabular) • Monitoring Pelaksanaan Dapur MBG dalam memastikan kebersihan dan kualitas makanan (*Computer Vision*)	2026	Badan Gizi Nasional (BGN)	Kemenko Pangan, Kementerian Pertanian, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Badan Pangan Nasional, Kementerian Perdagangan, Pemda, Sekolah
KA untuk Swasembada Pangan	• Prediksi Panen (Sensor Data Cuaca, Tanah) • Produktivitas Lahan (Citra Satelit dan Cuaca)	2026	Kementerian Pertanian	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Bulog, BUMN terkait

Bidang Prioritas: Kesehatan

Use Case	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
KA untuk Skrining TBC	*Skrining TBC (Multimodal Data: chest XRay, Genomic)*	2026	Kementerian Kesehatan	BPJS Kesehatan, Rumah Sakit dan Pemerintah Daerah
KA untuk Cek Kesehatan Gratis	Penggunaan LLM untuk kesimpulan dan saran hasil cek kesehatan	2026	Kementerian Kesehatan	Rumah Sakit, Pemerintah Daerah

KA untuk Pemetaan Wilayah Rawan *Stunting*	Mengintegrasikan data multisektor (balita, ibu hamil, akses kondisi daerah, ekonomi, ketersediaan pangan lokal dan air bersih, tingkat pendidikan, layanan kesehatan) *(Machine Learning, NLP)*	2026	Kementerian Kesehatan	Rumah Sakit, Pemerintah Daerah

Bidang Prioritas: Ekonomi dan Keuangan

Use Case	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
KA untuk Koperasi Merah Putih	Memantau kinerja operasional koperasi dengan integrasi data seperti jumlah nasabah, laporan keuangan. *(Machine learning)*	2026	Kementerian Koperasi	Kementerian Keuangan, Kementerian Komunikasi dan Digital, Otoritas Jasa Keuangan, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, dan Pemerintah daerah

Bidang Prioritas: Pendidikan

Use Case	**Keluaran**	**Target Pelaksanaan**	**Penanggung Jawab (Aktor)**	**Instansi Terkait**
KA untuk mendukung Pembelajaran Adaptif pada Sekolah Rakyat	Materi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan siswa sesuai dengan konsep Sekolah Rakyat yang *multi-entry multi-exit (Personalized learning)*	2026	Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Kementrian sosial, Kementerian Komunikasi dan Digital Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak

Bidang Prioritas: Politik, Hukum, dan Keamanan

Use Case	Keluaran	Target Pelaksanaan	Penanggung Jawab (Aktor)	Instansi Terkait
KA untuk Deteksi Hoaks dan Disinformasi	Deteksi informasi hoaks baik berupa teks, gambar, video untuk meningkatkan kepercayaan publik *(deep learning)*	2026	Kementerian Komunikasi dan Digital	Kementerian Koordinator Bidang Politik dan Keamanan, Kementerian Koordinator Bidang Hukum, Hak Asasi Manusia, Imigrasi, dan Pemasyarakat, BSSN, K/L terkait

Daftar Istilah dan Singkatan

Akronim	Keterangan
AI	*Artificial Intelligence*, teknologi yang berfokus pada pengembangan sistem dengan tujuan yang eksplisit atau implisit, yang mampu, secara otonom atau semi-otonom, memproses data dan informasi berdasarkan berbagai variasi masukan yang diterimanya untuk menghasilkan keluaran berupa prediksi, rekomendasi, konten, atau keputusan lainnya yang berdampak pada lingkungan fisik maupun digital.
API	*Application Programming Interface*, seperangkat aturan dan protokol yang memungkinkan dua aplikasi perangkat lunak untuk berkomunikasi satu sama lain
ASEAN	*Association of Southeast Asian Nations*, organisasi geopolitik dan ekonomi untuk negara-negara di kawasan Asia Tenggara
AUP	*Acceptable Use Policy,* dokumen yang menetapkan aturan dan pedoman tentang bagaimana suatu layanan atau sumber daya, seperti jaringan komputer, internet, atau aplikasi, dapat digunakan dengan benar dan bertanggung jawab
DFFT	*Data Free Flow with Trust*, konsep atau kerangka kerja yang bertujuan untuk memfasilitasi aliran data yang bebas antarnegara dan memastikan kepercayaan terhadap data tersebut
DPIA	*Data Protection Impact Assessment*, proses terdokumentasi yang dilakukan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengelola risiko terkait privasi data dalam sebuah proyek atau kegiatan yang melibatkan pemrosesan data pribadi
DTC	*Digital Talent Center*, pusat pengembangan talenta digital yang bertujuan untuk meningkatkan kompetensi digital individu, baik dari kalangan Aparatur Sipil Negara (ASN) maupun masyarakat umum, serta mendukung transformasi digital di berbagai sektor
DTS	*Digital Talent Scholarship*, program beasiswa pelatihan yang diselenggarakan oleh Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Komunikasi dan Digital
ESG	*Environmental, Social, and Governance*, seperangkat standar dan kriteria yang digunakan untuk mengukur dampak keberlanjutan dan etika suatu perusahaan dalam menjalankan bisnisnya

Akronim	Keterangan
EU AI ACT	*European Union Artificial Intelligence Act*, sebuah peraturan yang bertujuan untuk mengatur pengembangan dan penggunaan kecerdasan buatan (AI) di Uni Eropa
GDPR	*General Data Protection Regulation*, peraturan privasi dan keamanan data yang ketat dari Uni Eropa
GMV	*Gross Merchandise Value*, total nilai barang yang terjual pada suatu platform atau marketplace dalam periode waktu tertentu, sebelum dikurangi diskon, biaya, atau retur
GPU	*Graphics Processing Unit*, sirkuit elektronik yang dirancang khusus untuk memproses dan mempercepat komputasi yang berkaitan dengan grafis dan visual
HLEG AI	*High-Level Expert Group on Artificial Intelligence*, kelompok ahli tingkat tinggi yang dibentuk oleh Komisi Eropa untuk memberikan panduan tentang etika dan kebijakan terkait kecerdasan buatan (KA)
HPC	*High Performance Computing*, teknik menggabungkan sumber daya komputasi, seperti beberapa komputer atau server, untuk mencapai kinerja yang jauh lebih tinggi daripada yang bisa dilakukan oleh satu komputer atau server tunggal
HTC	*High Throughput Satellite,* jenis satelit komunikasi yang dirancang untuk menyediakan kapasitas data yang jauh lebih tinggi dibandingkan satelit konvensional
IEC	*International Electrotechnical Commission,* organisasi internasional yang mengatur standar teknis dalam bidang elektronik, listrik, dan teknologi terkait
ISO	*International Organization for Standardization*, organisasi non-pemerintah yang mengembangkan dan menerbitkan standar internasional untuk berbagai bidang, bertujuan untuk memfasilitasi perdagangan global dan kerjasama di bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan ekonomi.
JKN	Jaminan Kesehatan Nasional, program asuransi sosial yang diselenggarakan oleh pemerintah Indonesia untuk memberikan pelindungan kesehatan kepada seluruh warga negara

Akronim	Keterangan
KA	Kecerdasan Artifisial, teknologi yang berfokus pada pengembangan sistem, dengan tujuan yang eksplisit atau implisit, yang mampu, secara otonom atau semi-otonom, memproses data dan informasi berdasarkan berbagai variasi masukan yang diterimanya untuk menghasilkan keluaran berupa prediksi, rekomendasi, konten, atau keputusan lainnya yang berdampak pada lingkungan fisik maupun digital.
LPI	*Logistics Performance Index*, alat ukur yang dikembangkan oleh Bank Dunia untuk menilai kinerja logistik suatu negara
MSA	*Master Service Agreement,* perjanjian induk yang menetapkan ketentuan dasar antara dua pihak, biasanya penyedia layanan dan klien, yang akan mengatur transaksi dan layanan di masa depan
GMV	*Gross Merchandise Value*, total nilai barang yang terjual pada suatu platform atau marketplace dalam periode waktu tertentu, sebelum dikurangi diskon, biaya, atau retur
NDC	*Nationally Determined Contributions,* rencana aksi iklim yang dibuat oleh setiap negara anggota Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan beradaptasi dengan dampak perubahan iklim
NLE	*National Logistic Ecosystem,* sistem logistik terintegrasi yang bertujuan untuk menyelaraskan arus lalu lintas barang dan dokumen, baik internasional maupun domestik, dengan melibatkan kolaborasi antar instansi pemerintah dan pihak swasta melalui pertukaran data dan simplifikasi proses
NLP	*Natural Language Processing,* cabang dari kecerdasan artifisial (KA) yang berfokus pada interaksi antara komputer dan bahasa manusia, baik lisan maupun tulisan
PPP	*Public-Private Partnership*, suatu bentuk privatisasi yang melibatkan pemerintah yang memerlukan insentif modal, kebutuhan infrastruktur jangka panjang, dan perpaduan pembiayaan yang diinginkan antara sektor publik dan swasta untuk pembangunan fasilitas
Quick Win	Inisiatif atau program yang dapat memberikan hasil positif dan nyata dalam waktu singkat, biasanya dalam satu tahun atau kurang

Akronim	Keterangan
ODP	*Optical Distribution Point*, perangkat dalam jaringan fiber optik yang berfungsi sebagai titik pembagi sinyal optik dari jalur utama ke beberapa pelanggan
OECD	*Organization for Economic Co-operation and Development*, organisasi internasional yang beranggotakan 38 negara yang berkomitmen pada demokrasi dan ekonomi pasar, bertujuan untuk mempromosikan kebijakan yang meningkatkan kesejahteraan ekonomi dan sosial di seluruh dunia
OSS	*Online Single Submission*, sistem perizinan berusaha terintegrasi secara elektronik yang dikelola oleh Lembaga OSS untuk mempermudah dan mempercepat proses perizinan usaha di Indonesia
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa, organisasi internasional terbesar di dunia yang diikuti oleh 193 negara
PDB	Produk Domestik Bruto, salah satu indikator untuk menilai perkembangan ekonomi suatu negara
RAM	*Artificial Intelligence Readiness Assessment*, alat yang dikembangkan oleh UNESCO untuk membantu negara-negara mengevaluasi kesiapan mereka dalam menerapkan Kecerdasan Artifisial (KA) secara etis dan bertanggung jawab
RLHF	*Reinforcement Learning with Human Feedback*, teknik dalam pembelajaran mesin yang memanfaatkan umpan balik manusia untuk meningkatkan kinerja model AI
RPJPN	Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional, dokumen perencanaan pembangunan nasional yang berlaku untuk periode 20 tahun
Sandbox	Ekosistem buatan yang berfungsi untuk melakukan serangkaian uji coba sebelum produk dapat dirilis ke publik
Startup	Perusahaan rintisan yang didirikan untuk mengembangkan sebuah produk atau layanan unik yang sesuai dengan target pasar
SIMT	Sistem Informasi Manajemen Talenta, sebuah sistem berbasis web yang berfungsi sebagai pangkalan data terpusat untuk mencatat dan memetakan talenta nasional
SLA	*Service Level Agreement*, kontrak antara penyedia layanan dan pelanggan yang merinci tingkat layanan yang diharapkan dan standar kinerja yang harus dipenuhi oleh penyedia layanan

Akronim	Keterangan
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional, dokumen perencanaan pembangunan nasional yang disusun untuk jangka waktu 5 tahun
SKKNI	Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia, rumusan kemampuan kerja yang mencakup aspek pengetahuan, keterampilan, dan sikap kerja yang relevan dengan pelaksanaan tugas dan syarat jabatan
SPBE	Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik, penyelenggaraan pemerintahan yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk memberikan layanan kepada pengguna
UMKM	Usaha Mikro Kecil dan Menengah, usaha produktif yang dimiliki perorangan maupun Institusi usaha yang telah memenuhi kriteria sebagai usaha
UNCTAD	*United Nations Conference on Trade and Development,* Organisasi internasional didirikan oleh PBB untuk menangani isu perdagangan, investasi dan pembangunan
UNESCO	*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, badan khusus PBB yang bertujuan untuk mempromosikan perdamaian dan keamanan dunia melalui kerja sama internasional di bidang pendidikan, ilmu pengetahuan, budaya, dan komunikasi.
Use Case	sebuah skenario spesifik atau aplikasi praktis di mana sistem KA digunakan untuk mencapai tujuan tertentu atau memecahkan masalah yang teridentifikasi
USO	*Universal Service Obligation*, program yang mewajibkan penyedia layanan telekomunikasi untuk menyediakan layanan dasar, seperti telepon dan internet, ke seluruh wilayah, termasuk daerah terpencil dan kurang terlayani
VR	*Virtual Reality*, teknologi komputer yang dapat membuat pengguna mampu untuk berinteraksi dengan lingkungan di dalam dunia maya yang disimulasikan, sehingga terasa seperti di dalam lingkungan tersebut
WCR	*World Competitiveness Report*, laporan tahunan yang diterbitkan oleh Forum Ekonomi Dunia (*World Economic Forum*) yang mengukur dan memeringkat daya saing berbagai negara berdasarkan berbagai faktor yang mempengaruhi produktivitas dan kemakmuran mereka
WEF	*World Economic Forum*, organisasi internasional independen yang bertujuan untuk memperbaiki kondisi dunia dengan melibatkan para pemimpin dari berbagai sektor seperti bisnis, politik, akademisi, dan masyarakat lainnya untuk membentuk agenda global, regional, dan industri

Daftar Pustaka

1. Abidah, N. (2025, 22 Mei). Startup KA lokal sulit dilirik investor, apa alasannya? TechinAsia.com. https://id.techinasia.com/startup-ai-lokal-sulit-dilirik-investor?referrer=featured-subex-main
2. Advisia Group. (2024, Maret 6). Generative KA: Mempersiapkan Masa Depan Ekosistem Bisnis di Indonesia dengan KA Yang Beretika. IBM.
3. Advisia Group. (2024). Generative AI: Mempersiapkan Masa Depan Ekosistem Bisnis di Indonesia dengan AI Yang Beretika.
4. Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. 2018. Prediction machines: The simple economics of Artificial Intelligence. Massachusetts: Harvard Business Press.
5. Agustinus, M. D. (2025, 19 April). Investasi Microsoft Rp 27 Triliun Dimulai, Indonesia Siap Jadi Pusat Digital Asia Tenggara? Liputan6.com. https://www.liputan6.com/tekno/read/5999241/investasi-microsoft-rp-27–triliun-dimulai-indonesia-siap-jadi-pusat-digital-asia-tenggara?page=4
6. AI RDC - BINUS University. (2024, August). Roundtable Discussions on the Politics of AI. Research Binus AI RDC. https://research.binus.ac.id/airdc/2024/08/roundtable-discussions-on-the-politics-of-ai/
7. Ambarwati, S. (2025, 23 Mei). Komidigi-Google jalin kerja sama lewat akselerator KA untuk startup. Antaranews.com. https://gorontalo.antaranews.com/berita/323613/komidigi-google-jalin-kerja-sama-lewat-akselerator-ai-untuk-startup
8. Andika, D. (2023, 26 Juli). Daftar 10 Startup KA di Indonesia. Tempo.co. https://www.tempo.co/digital/daftar-10–startup-ai-di-indonesia-162773
9. Antara. (2020, September 7). Kominfo: RUU PDP Indonesia banyak terpengaruh GDPR Eropa. https://www.antaranews.com/berita/1716870/kominfo-ruu-pdp-indonesia-banyak-terpengaruh-gdpr-eropa
10. Antara. (2021). Komisi VII: Pagu Anggaran BRIN Rp10,51 Triliun di 2022. Medcom. https://www.medcom.id/pendidikan/riset-penelitian/zNPOa47K-komisi-vii-pagu-anggaran-brin-rp10–51–triliun-di-2022
11. AP News. (2024, November 22). Indonesia's Prabowo plans to retire all fossil fuel plants in 15 years, but experts are skeptical. AP News. https://apnews.com/article/indonesia-coal-energy-transition-fossil-g20–cop-2d8fd110a855a37167d49211e65fc51d
12. Arora, A. S., Saboia, L., Arora, A., & McIntyre, J. R. (2025). Human-Centric Versus State-Driven: A Comparative Analysis of the European Union's and China's Artificial Intelligence Governance Using Risk Management. International Journal of Intelligent Information Technologies, 21(1). Scopus. https://doi.org/10.4018/IJIIT.367471
13. Artificial Intelligence: Background, Risks and Policies, Gary Dalton 2023
14. ASEAN. (2025). ASEAN responsible KA roadmap (2025–2030). ASEAN.
15. ASEAN Business Innovation Platform. (2025). From Data to AI: Laying the Groundwork for Indonesia's Digital Future.
16. Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2024, Februari 5). APJII: Jumlah pengguna internet Indonesia tembus 221 juta orang. https://apjii.or.id/berita/d/apjii-jumlah-pengguna-internet-indonesia-tembus-221–juta-orang
17. Asosiasi Science and Techno Park Indonesia. (2024). Jaringan STP di Indonesia: Membangun Ekosistem Inovasi Berkelanjutan. Retrieved from https://astpi.or.id/jaringan-stp-di-indonesia-membangun-ekosistem-inovasi-berkelanjutan
18. Association of Southeast Asian Nations. (2023). ASEAN guide on KA governance and ethics. https://asean.org/book/asean-guide-on-ai-governance-and-ethics/.
19. Atef Fahrudin. 2025. DeepSeek Berisik, Amerika Terusik, Indonesia Tak Berkutik. Kumparan. https://kumparan.com/atef/deepseek-berisik-amerika-terusik-indonesia-tak-berkutik-24ToaGZD3a0/full
20. Attrey, A., Lesher, M., & Lomax, C. (2020). The role of sandboxes in promoting flexibility and innovation in the digital age. OECD Going Digital Toolkit Notes.

21. Australian Government. 2023. “Australia’s Artificial Intelligence Ethics Principles,” dipublikasikan oleh Digital Transformation Agency, https://architecture.digital.gov.au/australias-artificial-intelligence-ethics-principles-0.
22. Badan Geologi. (2020). Posisi Indonesia dalam Cincin Api Pasifik dan potensi kegempaan. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.https://www.esdm.go.id/
23. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2020). Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial Indonesia 2020–2045. BPPT Press.
24. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2020). Strategi nasional kecerdasan artifisial Indonesia 2020–2045. Jakarta: BPPT.
25. Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2023, Oktober 4). Tingkatkan penggunaan komputer berkinerja tinggi, BRIN gelar The ASEAN HPC School 2023. Technology Indonesia. https://technologyindonesia.id/ict/tingkatkan-penggunaan-komputer-berkinerja-tinggi-brin-gelar-the-asean-hpc-school-2023/
26. Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2023). Potensi data lokal untuk pengembangan kecerdasan artifisial di Indonesia. BRIN.
27. Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024, September 14). Komersialisasi Riset, Salah Satu Komponen Kunci Pembangunan Nasional. BRIN. Dari https://brin.go.id/dpri/posts/kabar/komersialisasi-riset-salah-satu-komponen-kunci-pembangunan-nasional
28. Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024). BRIN tekankan pentingnya high performance computing Mahameru dukung data riset Indonesia. https://www.brin.go.id/news/121592/brin-tekankan-pentingnya-high-performance-computing-mahameru-dukung-data-riset-indonesia
29. Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2025). Organisasi Riset Elektronika dan Informatika: Profil dan Program Riset Kecerdasan Artifisial.
30. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). (2023). Strategi nasional untuk kecerdasan artifisial 2020–2045 [PDF].
31. BINUS University Malang. (2022, Agustus). Tantangan dalam pengembangan teknologi artificial intelligence di Indonesia. Diakses pada 24 Juni 2025, https://binus.ac.id/malang/2022/08/tantangan-dalam-pengembangan-teknologi-artificial-intelligence-di-indonesia/
32. Bisnis.com. (2025, 20 Maret). Komdigi pastikan aturan penggunaan KA rampung pada 2025. Diakses pada 24 Juni 2025, https://teknologi.bisnis.com/read/20250320/84/1863054/komdigi-pastikan-aturan-penggunaan-ai-rampung-pada-2025
33. Blume, A., & Keith, M. (2023, March 23). Germany’s green IT Initiative is cutting energy consumption and GHG emissions in its public sector. World Bank
34. https://blogs.worldbank.org/en/governance/germanys-green-it-initiative-cutting-energy-consumption-and-ghg-emissions-its-public-sector
35. Boston Consulting Group. (2023). Analisis pasar kecerdasan artifisial di Indonesia: Peluang dan strategi transformasi. Boston Consulting Group.
36. Box, S. (2025). ORF America. Retrieved from https://orfamerica.org/newresearch/us-policy-on-artificial-intelligence
37. BRIN. (2023). Laporan Riset dan Inovasi Nasional.
38. BRIN. (2024, Februari 15). Forum Ilmiah Diaspora Indonesia (FIDI) Menuju 2045 [Press release]. Diakses dari https://www.brin.go.id/en/news/114599/forum-ilmiah-diaspora-indonesia-fidi-menuju-2045–menyatukan-keunggulan-ilmiah-indonesia-untuk-bangsa-yang-maju-dan-berkelanjutan-1
39. BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). (2024, 14 Desember). Masih top-down, BRIN ungkap hambatan implementasi Satu Data Indonesia. https://www.brin.go.id/news/121875/masih-top-down-brin-ungkap-hambatan-implementasi-satu-data-indonesia

40. Centre for Value Based Healthcare. (2025). London Medical Imaging & KA Centre for Value Based Healthcare. Retrieved from https://www.aicentre.co.uk/
41. CERT-ID. (2023). Laporan tahunan: Statistik serangan siber di Indonesia tahun 2023. Indonesia Computer Emergency Response Team.
42. Chang S. Nam, Jae-Yoon Jung, Sangwon Lee (Eds.). 2022. Human-Centered Artificial Intelligence Research and Applications. Amsterdam: Elsevier Inc.
43. Chetouani, Mohamed, Virginia Dignum, Paul Lukowicz, Carles Sierra (Eds.). 2023. Human-Centered Artificial Intelligence: Advanced Lectures. Cham: Springer.
44. cloudflare. (2024). Navigating the New Security Landscape: Asia Pacific Cybersecurity Readiness Survey. cloudflare. https://www.cloudflare.com/en-gb/press-releases/2024/ai-powered-data-breaches-a-growing-concern-for-businesses-in-asia-pacific/
45. CSIRO & Alphinity Investment Management. (2024, April). The intersection of Responsible KA and ESG: A framework for investors [Framework report]. CSIRO.
46. Cushman & Wakefield. (2022). Bright insights: Global data center market comparison. https://www.cushmanwakefield.com/en/insights/data-center-market-comparison
47. Data.go.id. (2025). Portal Satu Data Indonesia – dataset. Retrieved from https://data.go.id/
48. Data Center Map. (n.d.). Indonesia data centers. https://www.datacentermap.com/indonesia/
49. Datareportal. (2023). Digital 2023: Indonesia. Dikutip dalam Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. (2024, 12 Juni). Pemerintah terus berikan dukungan terkait optimalisasi transformasi digital dan pengembangan KA untuk mendorong pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/5927/pemerintah-terus-berikan-dukungan-terkait-optimalisasi-transformasi-digital
50. Davtyan, T. (n.d.). THE U.S. APPROACH TO KA REGULATION: FEDERAL LAWS, POLICIES, AND STRATEGIES EXPLKANED. THE INTERNET, 16(2).
51. Deibert, Ronald. 2018. Toward a Human-Centric Approach to Cybersecurity. Ethics and International Affairs. Vol. 32, Issue 4. Hlm. 411–424.
52. Deloitte. (2025). KA business APAC trends: Platform adoption. Deloitte. https://www.deloitte.com/southeast-asia/en/services/consulting/analysis/ai-business-apac-trends-platform-adoption.html
53. Denford, J. S., Dawson, G. S., & Desouza, K. C. (2023). Realising Trustworthy and Inclusive Artificial Intelligence for Indonesia. IBM Center for The Business of Government. https://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/Realising%20Trustworthy%20and%20Inclusive%20Artificial%20Intelligence%20for%20Indonesia.pdf?utm_source=chatgpt.com
54. Dennett, Daniel. 2019. What can we do? Dalam J. Brockman (red.), Possible minds: Twenty-five ways of looking at KA. London: Penguin.
55. Department of National Defence. (2022). DND/CAF data governance framework. Government of Canada. https://www.canada.ca/en/department-national-defence/corporate/reports-publications/data-governance-framework.html
56. Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. (2022). Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi. Sekretariat Jenderal DPR RI.
57. Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia. (2024, Juni 14). Risalah Rapat Komisi I DPR RI: Pembahasan isu strategis sektor komunikasi dan informatika [PDF]. https://berkas.dpr.
58. Dhanya, D. (23 Mei 2025). Google cloud Gandeng Komdigi Luncurkan Program Akselerator KA untuk Startup Indonesia. Tempo.co. https://www.tempo.co/digital/google-cloud-gandeng-komdigi-luncurkan-program-akselerator-ai-untuk-startup-indonesia-1521572
59. DiMatteo, Larry A., Cristina Poncibò, Michel Cannarsa (eds.). 2022. The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence: Global Perspectives on Law and Ethics. Cambridge: Cambridge University Press.

60. DiscoveryShift. (2025). Indonesia Startup Report 2025. DiscoveryShift, Singapore.
61. DISR. (2024). Voluntary KA Safety Standard.
62. Djafar, Wahyudi, dkk. 2024. Transformasi Kecerdasan Artifisial untuk Optimalisasi Ekonomi Digital dan Pengembangan Model Tata Kelolanya di Indonesia. Jakarta: ELSAM.
63. Doyle, M. F., Gordon, B., Christensen, G. S., Gelbman, S. J., Dinegar, A., & Hopkins, B. J. (2023). President Biden Issues Wide-Ranging Executive Order on Artificial Intelligence. Retrieved from https://www.klgates.com/President-Biden-Issues-Wide-Ranging-Executive-Order-on-Artificial-Intelligence-11-3-2023
64. EASE. 2025. Supply Chain Trends for 2025: The Impact of Artificial Intelligence. https://easelogistics.com/2025/05/14/supply-chain-trends-for-2025-the-impact-of-artificial-intelligence/#:~:text=Predictive%20Analytics:%20Driving%20Smarter%20Supply,industries%20like%20food%20and%20pharmaceuticals.
65. ECPAT, et.al. (2022). Disrupting Harm in Indonesia: Evidence on online child sexual exploitation and abuse. Global Partnership to End Violence Against Children. https://www.end-violence.org/disrupting-harm
66. e-Estonia Briefing Centre. (2023). Estonia's digital government: Interoperability and public-private integration. https://e-estonia.com/solutions/interoperability-services/x-road/
67. ELSAM. (2024). Siaran Pers: Tantangan Implementasi Satu Tahun UU PDP (International Data Privacy Day). https://www.elsam.or.id/storage/files/2/Siaran%20Pers%20ELSAM%20-%20International%20Data%20Privacy%20Day%202024.pdf
68. EmitenNews.com. (t.t.). Perspektif analis: Memanfaatkan tren investasi global 2025. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.emitennews.com/news/perspektif-analis-memanfaatkan-tren-investasi-global-2025
69. European Commision. (2025, June 16). European KA Office | Shaping Europe's digital future. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-office
70. European Commission. (2020, February 19). A European strategy for data. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_en
71. European Parliament and Council of the European Union. (2024, July 12). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union, L217, 1-90. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024R1689
72. Fadilah, I. (2025, 23 Mei). Anak Usaha Telkom Lirik Investasi di Sektor KA-Cybersecurity. Detik.com. https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-7928886/anak-usaha-telkom-lirik-investasi-di-sektor-ai-cybersecurity
73. Fannany P. (2025). How to finance KA Iniciatives in Indonesia. Dirjen Pajak, Kementerian Keuangan, Jakarta, Indonesia. [Unpublished manuscript]
74. Fikri, A., Winata, G. I., Koto, F., Cahyawijaya, S., Romadhony, A., Mahendra, R., & Ruder, S. (2022). One country, 700+ languages: NLP challenges for underrepresented languages and dialects in Indonesia.
75. FitzPatrick, G. J., & Wollman, D. A. (2010). NIST interoperability framework and action plans. IEEE PES General Meeting, PES 2010. Scopus. https://doi.org/10.1109/PES.2010.5589699
76. Floridi, L. (Ed.). (2025). Can we trust technology? (2nd ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781032717487
77. Garcia-Murillo, Martha, et.al., (ed.). 2024. Handbook of Artificial Intelligence at Work Interconnections and Policy Implications. Northampton: Edward Elgar Publishing.
78. Gartner. (2024). Top strategic technology trends 2024. Gartner, Inc.
79. Google, Temasek, & Bain & Company. (2022). e-Conomy SEA 2022: Through the waves, towards a sea of opportunity. https://economysea.withgoogle.com/
80. Google, Temasek, & Bain & Company. (2023). e-Conomy SEA 2023 report. Google Asia Pacific Pte Ltd.

81. *Google, Temasek & Bain & Company. (2024). e-Conomy SEA 2024.*
82. *Government Digital Service. (n.d.). Data.gov.uk: Opening up government data. https://data.gov.uk*
83. *Government of Canada. (2024, Mei). Guide on the use of generative artificial intelligence by federal institutions. https://www.canada.ca/en/government/system/digital-government/digital-government-innovations/responsible-use-ai/guide-use-generative-ai.html*
84. *Government of Canada. (n.d.). Open Government Portal. https://open.canada.ca/en*
85. *Government of Norway. (2024). National Digitalisation Strategy 2024–2030 (p. 74)*
86. *Government of Singapore. (n.d.). data.gov.sg – Singapore open data portal. https://data.gov.sg*
87. *Government of the Republic of Singapore. (2023). Singapore National KA Strategy 2.0. Singapore: Ministry of Communication and Information.*
88. *Hadian, T., Pkim, M., & Rahmi, E. (2023). Berteman dengan ChatGPT: Sebuah Transformasi dalam Pendidikan. Edu Publisher.*
89. *Hasanzadeh, F., Josephson, C. B., Waters, G., Adedinsewo, D., Azizi, Z., & White, J. A. (2025). Bias recognition and mitigation strategies in artificial intelligence healthcare applications. npj Digital Medicine, 8(154), 1–13.*
90. *HDR UK. 2025. What We Do - HDR UK. https://www.hdruk.ac.uk/about-us/what-we-do/*
91. *High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. 2019. Ethics Guidelines for Trustworthy KA. Brussel: European Commission.*
92. *HM Government. (2021). National KA Strategy. London, UK: Secretary of State for Digital, Culture, Media and Sport.*
93. *HM Government. (2023c). Frontier KA Taskforce: First progress report. Retrieved from https://www.gov.uk/...*
94. *Ho, T. H. (2022). Insights: Intelligent Decarbonisation in Singapore. Lecture Notes in Energy, 86, 57–59. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2_6*
95. *House, T. W. (2023a). Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence. Retrieved from https://bidenwhitehouse.archives.gov/...*
96. *https://bnsp.go.id/detail/449*
97. *https://gorontalo.antaranews.com/berita/323613/komidigi-google-jalin-kerja-sama-lewat-akselerator-ai-untuk-startup*
98. *https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report*
99. *https://smeru.or.id/sites/default/files/publication/final_rr_digital_skills_ind_2024-12-16.pdf*
100. *https://www.worldbank.org/en/data/interactive/2022/10/21/govtech-maturity-index-gtmi-data-dashboard*
101. *Hukumonline. (2025, 26 Februari). Legislator minta pemerintah segera terbitkan aturan turunan UU PDP. Hukumonline. https://www.hukumonline.com/berita/a/legislator-minta-pemerintah-segera-terbitkan-aturan-turunan-uu-pdp-lt67bda8ea72c42/*
102. *Hutchinson, E. (2024, October 3). How AI is creating a new era of cloud vendor lock-in. Intelligent CIO. https://www.intelligentcio.com/eu/2024/10/03/how-ai-is-creating-a-new-era-of-cloud-vendor-lock-in/*
103. *IBM. (2025). Unlocking Indonesia's Economic Potential for Future Prosperity.*
104. *IBM. (2025). Unlocking Indonesia's Economic Potential for Future Prosperity.*
105. *IMDA. (2020). Artificial Intelligence Governance Framework Model: Second edition. Singapore: Info-communications Media Development Authority.*
106. *IMDA. (2023). Using Artificial Intelligence (KA) in your organisation? Singapore: Info-communications Media Development Authority.*
107. *IMDA. (2024). Model KA Governance Framework for Generative KA. Singapore: Info-communications Media Development Authority.*
108. *IndiaKA. (2025, Mei 16). IndiaKA Mission: Pillars and initiatives. IndiaKA – National KA Portal of India.https://indiaai.gov.in/article/indiaai-mission-call-for-proposals-to-build-foundational-ai-models*
109. *IMD World Competitiveness Center. (2024). IMD World Digital Competitiveness Ranking 2024 World Competitiveness Center The digital divide: risks and opportunities.*

110. Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2025 - 2029. (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2025 Nomor 15).
111. Indonesia.go.id. (2025, Januari 30). Mencetak Lagi Ribuan Talenta Digital [Editorial]. Diakses dari https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8942/mencetak-lagi-ribuan-talenta-digital?lang=1 bloombergtechnoz.com+10indonesia.go.id+10indonesia.go.id+10Antara News. (2023, Desember 4). Indonesia needs 9 million digital talents by 2030: ministry. Diakses dari https://en.antaranews.com/news/300183/indonesia-needs-9-million-digital-talents-by-2030-ministry intimedia.id+5en.antaranews.com+5en.antaranews.com+5
112. indonesia.go.id. (t.t.). Lima prioritas pemerintah untuk pengembangan KA. Diakses pada 24 Juni 2025, dari https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8897/lima-prioritas-pemerintah-untuk-pengembangan-ai
113. Inixindo.id. (t.t.). Penting! Indonesia emas memerlukan bantuan KA untuk meraih peluang. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.inixindo.id/penting-indonesia-emas-memerlukan-bantuan-ai-untuk-meraih-peluang/
114. Insi, N. J. (2024, 4 December). Investasi KA Generatif di RI Melonjak 6 Kali Lipat, MetroTVNews.com. https://www.metrotvnews.com/read/kBVCa5qr-investasi-ai-generatif-di-ri-melonjak-6-kali-lipat
115. International Trade Administration. (2024, 18 Maret). Singapore Artificial Intelligence Strategy 2.0. U.S. Department of Commerce. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.trade.gov/market-intelligence/singapore-artificial-intelligence-strategy-2
116. International Trade Administration. (2024, 23 September). Malaysia Artificial Intelligence Roadmap. U.S. Department of Commerce. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.trade.gov/market-intelligence/malaysia-artificial-intelligence-roadmap
117. Ipsos. (2024, September). Education Monitor 2024: Widespread support for banning social media for under 14s and acceptance that kids today have it harder.
118. Iswaratioso, V. H. (2025). The rise of KA in Indonesia is expanding financial inclusion. Retrieved from https://www.weforum.org/...
119. Julianto, A. (2025, Juli 12). Talenta AI Jadi Rebutan, Digaji Hingga Ratusan Miliar per Tahun. VOI. https://voi.id/teknologi/483753/talenta-ai-jadi-rebutan-digaji-hingga-ratusan-miliar-per-tahun
120. Jununx. (2021, 15 Februari). Data center di Indonesia. Jununx. https://www.jununx.com/2021/02/data-center-di-indonesia.html
121. KASI. (2025). The KA Safety Institute (KASI). Retrieved from https://www.aisi.gov.uk/
122. KA Verify. 2024. “Singapore Approach to KA Governance”.
123. Kementerian Investasi Dan Hilirisasi/BKPM - Halaman Laporan Realisasi Penanaman Modal Kementerian Investasi Dan Hilirisasi/BKPM Kuartal I 2025, 2025).
124. Kementerian Investasi Dan Hilirisasi/BKPM - Serap 2,4 Juta Tenaga Kerja, Kinerja Investasi Capai Rp 1.714 T, 2025).
125. Kementerian Keuangan. (2016). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 100/PMK.010/2009 tentang Perusahaan Pembiayaan Infrastruktur. JDIH Kementerian Keuangan.
126. Kementerian Keuangan. (2023). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 56 Tahun 2023 tentang Penambahan Investasi Pemerintah Republik Indonesia pada Lembaga Keuangan Internasional. BPK Peraturan.
127. Kementerian Keuangan. (2024). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 12 Tahun 2024 tentang Pedoman Penggunaan Sistem Informasi Kredit Program. Kementerian Keuangan.
128. Kementerian Keuangan. (2024). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 130 Tahun 2024 tentang Pembiayaan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah pada Pusat Investasi Pemerintah. JDIH Kementerian Keuangan.
129. Kementerian Keuangan. (2025). Peraturan Menteri Keuangan Nomor 40 Tahun 2025 tentang Tarif Layanan Badan Layanan Umum Pusat Investasi Pemerintah. Kementerian Keuangan.
130. Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia. (2025). Draft Rencana Strategis Kementerian Komunikasi dan Digital Tahun 2025–2029 [Naskah tidak dipublikasikan].

131. Kementerian Komunikasi dan Digital Republik Indonesia. (2025). Peraturan Menteri Komunikasi dan Digital Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2025 tentang Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Publik. Jakarta: Kementerian Komunikasi dan Digital.
132. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2021 tentang Rencana Strategis Kementerian Komunikasi dan Informatika Tahun 2020–2024. Jakarta: Kementerian Komunikasi dan Informatika.
133. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2023). Data pelatihan Digital Talent Scholarship tahun 2023. Kementerian Komunikasi dan Informatika.
134. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2023). Laporan kinerja GovTech Edu tahun 2023. Kementerian Komunikasi dan Informatika.
135. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2023). Surat Edaran Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 9 Tahun 2023 tentang Etika Kecerdasan Artifisial. Jakarta: Kementerian Komunikasi dan Informatika.
136. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2024, Mei 20). Satu Dekade Transformasi Digital: Wamen Nezar Patria Kikis Kesenjangan, Mudahkan Layanan Publik. https://www.komdigi.go.id/berita/siaran-pers/detail/satu-dekade-transformasi-digital-wamen-nezar-patria-kikis-kesenjangan-mudahkan-layanan-publik
137. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2024). Keputusan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 519 Tahun 2024 tentang Penyelenggaraan Pusat Data Nasional.
138. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2024). Visi Indonesia Digital 2045 (hlm. 29). https://digital2045.id/bukuvid2045/
139. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2021). US-Indonesia Investment Summit 2021. Katadata.
140. https://katadata.co.id/digital/e-commerce/61b70c8b5af37/transaksi-ekonomi-digital-diprediksi-tembus-rp-1775-t-di-2025
141. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2023, 14 Mei). Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 6 Tahun 2023 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 21 Tahun 2020 tentang Peta Jalan (Road Map) Reformasi Birokrasi 2020–2024. Jakarta.
142. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2023). Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 1 Tahun 2023 tentang Kredit Usaha Rakyat (KUR). Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
143. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2023). Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 5 Tahun 2023 tentang Komposisi Pembebanan Pinjaman Pembangunan MRT di Provinsi DKI Jakarta Jalur Utara – Selatan. Jakarta. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
144. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2023). Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 7 Tahun 2023 tentang Perubahan Daftar Proyek Strategis Nasional. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
145. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2023). Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 8 Tahun 2023 tentang Perubahan Daftar Proyek Infrastruktur Prioritas. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
146. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. (2025). Analisis dan Rancangan Strategi dan Model Pembiayaan Ekosistem Kecerdasan Artifisial [Dokumen internal, ver. 28 Mei 2025].
147. Kementerian Koperasi dan UKM. (2023). Survei digitalisasi UMKM tahun 2023. Kementerian Koperasi dan UKM Republik Indonesia.
148. Kementerian PANRB. (2023). Evaluasi implementasi Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE). Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Republik Indonesia.
149. Kementerian Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi. (2025). Riset dan Inovasi di Bidang Kecerdasan Artifisial.

150. Kementerian Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi. (2025). Riset dan Inovasi di Bidang Kecerdasan Artifisial.
151. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas. (2025). Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025. Bappenas.
152. Kementerian PPN/Bappenas. (2025, 20 Februari). Satu Data Indonesia Menuju Tata Kelola yang Lebih Efektif: Kolaborasi Membangun Ekosistem Data. Data.go.id. https://data.go.id/news/2025/02/satu-data-indonesia-menuju-tata-kelola-yang-lebih-efektif-kolaborasi-membangun-ekosistem-data/810
153. Kepios / DataReportal. (2023). Digital 2023: Indonesia – Internet penetration stand at 77.0 percent. Diakses dari DataReportal. https://datareportal.com/reports/digital-2023–indonesia?utm_source=chatgpt.com
154. Komdigi. (2023). Surat Edaran Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 9 Tahun 2023. Retrieved from https://jdih.komdigi.go.id/...
155. Kompas. (2025, June 11). 6 juta warga Indonesia terancam alami kesenjangan digital pada 2030. Kompas. https://nasional.kompas.com/read/2025/06/11/13295611/6–juta-warga-indonesia-terancam-alami-kesenjangan-digital-pada-2030
156. Koswara, A. (2023). KA-driven growth in marketing, gaming, and education sectors: Key insights from Indonesia. Journal of Information Systems Digitization and Business, 1(2), 50–58.
157. Kuesioner Penilaian Kesiapan Adopsi Kecerdasan Artifisial pada Perguruan Tinggi (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025, materi internal)
158. Kuesioner Penilaian Kesiapan Adopsi Kecerdasan Artifisial pada Perguruan Tinggi (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025, materi internal)
159. Kumar, R., Shah, A., Jha, A., Mahesshwari, A., Jain, G., & Suresh, K. (2025, Mei). Assessing 'Compute' Capacities and Policy Frameworks for Artificial Intelligence in India [Laporan proyek]. Pahle India Foundation; XKDR KA Knowledge Consortium.
160. KumparanTECH. (t.t.). SDM jadi PR besar pengembangan KA di Indonesia. Kumparan. Diakses pada 24 Juni 2025, https://kumparan.com/kumparantech/sdm-jadi-pr-besar-pengembangan-ai-di-indonesia-24esBGPD5YM/full
161. Lazada. (2025). Menjembatani Kesenjangan KA: Buku Panduan Kesiapan Penjual Online terhadap Artificial Intelligence (KA) atau Kecerdasan Buatan. Lazada. https://lazada-com.oss-ap-southeast-1.aliyuncs.com/219–press-release.pdf
162. Leaver, T., & Srdarov, S. (2025). Children and generative KA (GenKA) in Australia: The big challenges. Australian Research Council Centre of Excellence for the Digital Child, Queensland University of Technology. https://doi.org/10.5204/rep.eprints.257452
163. Lee, R. (2025, 17 Februari). South Korea aims to secure 10,000 GPUs for national KA computing centre. Reuters.https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/south-korea-aims-secure-10000–gpus-national-ai-computing-centre-2025–02–17/
164. Lee, T. (2024). Artificial intelligence: Governing Singapore's smart digital journey. Communication Research and Practice, 10(3), 307–315. Scopus. https://doi.org/10.1080/22041451.2024.2346430
165. Lehdonvirta, V., Wú, B., & Hawkins, Z. (2023). Compute North vs. Compute South: The uneven possibilities of compute-based KA governance around the globe. Paper presented at the AAKA/ACM Conference on KA, Ethics, and Society (KAES). Oxford Internet Institute, Aalto University, & Australian National University.
166. Lembaga Penjamin Simpanan. (2023, Oktober 20). Peran LPS dalam stabilitas sistem keuangan. https://lps.go.id/6316–2/
167. Lowy Institute. (2024). R&D spending as % of GDP in Southeast Asia. Diakses dari https://power.lowyinstitute.org/data/economic-capability/technology/rnd-spending-of-gdp/

168. Luger, George F. 2025. Artificial Intelligence: Principles and Practice. Cham, Springer.
169. Maas, Matthijs M. 2023. Advanced KA Governance: A Literature Review of Problems, Options, and Proposals. KA Foundations Report 4. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4629460
170. Madiega, T. A. (2024, 4 April). KA investment: EU and global indicators. Members' Research Service, European Parliament.
171. Mamuaya, R. (2025). Indonesia's KA Investment Landscape (2020–2025). Amvesindo.
172. MAS. (2018). Monetary Authority of Singapore Principles to Promote Fairness, Ethics, Accountability and Transparency.... Singapore: MAS.
173. Megantari, I. G. A. A. (2025). Satu Data Indonesia: Integrasi data lintas instansi dan daerah. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas.
174. Merentek, T. C., Usoh, E. J., & Lengkong, J. S. J. (2023). Implementasi kecerdasan buatan ChatGPT dalam pembelajaran. Jurnal Pendidikan Tambusai, 7(3), Article 26862–26869.
175. Metro TV. (2024, August 20). Indonesia potensi pasar besar untuk kecerdasan buatan. Metro TV News.
176. Microsoft. (2024, April 30). Microsoft umumkan investasi US$1,7 miliar untuk memajukan ambisi cloud dan KA di Indonesia. Microsoft News Asia Pasifik.
177. Ministry of Communication and Digital. (2025). Menkomdigi: Talenta muda KA Indonesia siap bersaing di tingkat global. Indonesia.go.id. https://indonesia.go.id/kategori/sosial-budaya/9021/menkomdigi-talenta-muda-ai-indonesia-siap-bersaing-di-tingkat-global?lang=1
178. Ministry of Information and Communications of the Socialist Republic of Vietnam. (2025, 3 Maret). Vietnam's KA strategy: How to build a competitive edge in KA. Diakses pada 24 Juni 2025, https://english.mic.gov.vn/vietnams-ai-strategy-how-to-build-a-competitive-edge-in-ai-197250303093052827.htm
179. Mircrosoft. (2024, 6 Februari). Plan Indonesia and Microsoft Launch KA TEACH for Indonesia Program [Press release]. Microsoft News Center. https://news.microsoft.com/id-id/2024/02/06/plan-indonesia-and-microsoft-launch-ai-teach-for-indonesia-program-targeting-ai-training-fo
180. chool-students-in-indonesia/?utm_source=chatgpt.com
181. MMA Global Indonesia. (2025). Brand Safety and MarTech 2025 Industry Reports. MMA Brand Safety & MarTech Industry Report Indonesia 2025. https://www.mmaglobal.com/documents/mma-brand-safety-martech-industry-report-indonesia-2025
182. MoH. (2021). KA in healthcare guidelines. Singapore: MoH.
183. Moomoo. (2024, 17 Juli). Malaysia's KA Investments Ranks 44th While Singapore Leads ASEAN Countries At 3rd, Liew Tells Parliament. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.moomoo.com/news/post/40860481/malaysia-s-ai-investments-ranks-44th-while-singapore-leads-asean-countries-at-3rd-liew-tells-parliament
184. MOSTI. (2023). KA Roadmap 2021–2025. Malaysia: Ministry of Science, Technology, and Innovation (MOSTI).
185. MOSTI. (2024). The National Guidelines on KA Governance & Ethics. Malaysia: MOSTI.
186. MyDIGITAL Corporation. (2021). Malaysia Digital Economy Blueprint. Malaysia: EPU, PM's Department.
187. MyDIGITAL Corporation. (2024). The National KA Office (NKAO) - MyDIGITAL. Retrieved from https://www.mydigital.gov.my/...
188. Nadya Zahira. 2025. Industri Startup Hadapi Ancaman Krisis Kepercayaan Investor. Kontan. https://insight.kontan.co.id/news/industri-startup-hadapi-ancaman-krisis-kepercayaan-investor
189. Nayak, R. (2024). Singapore's forward-thinking approach to KA regulation. Retrieved from https://www.diligent.com/...
190. Nikolinakos, Nikos Th. 2023. EU Policy and Legal Framework for Artificial Intelligence, Robotics and Related Technologies - The KA Act. Cham: Springer.

191. Nilsson, Nils John. 2009. The Quest for Artificial Intelligence. Cambridge: Cambridge University Press.
192. NIST. (2023). KA Risk Management Framework. Retrieved from https://www.nist.gov/...
193. NITI Aayog. (2018). National Strategy for Artificial Intelligence. India: NITI Aayog.
194. NITI Aayog. (2021). Responsible KA. India: NITI Aayog.
195. Octavia, S. (2023). Inovasi KA jarang dapat investor, ini sebabnya. Gatra. Retrieved from https://
196. www.gatra.com/...
197. OECD. (2021, November 8). Building resilience: New strategies for strengthening infrastructure resilience and maintenance (OECD Public Governance Policy Papers No. 05). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/354aa2aa-en
198. OECD. (2023). A blueprint for building national compute capacity for artificial intelligence (OECD Digital Economy Papers No. 350). Organisation for Economic Co-operation and Development.
199. OECD. (2023). Empowering Learners for the Age of KA. https://ailiteracyframework.org/wp-content/uploads/2025/05/KALitFramework_ReviewDraft.pdf
200. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). The OECD KA principles. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/oecd-legal-0449
201. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025, June 17). Indonesia reaches key milestones in OECD accession process. https://www.oecd.org/id/about/news/press-releases/2025/06/indonesia-reaches-key-milestones-in-oecd-accession-process.html
202. Otoritas Jasa Keuangan. (2023). Tata kelola kecerdasan artifisial dalam sektor perbankan Indonesia.
203. Otoritas Jasa Keuangan. (2025). Tata Kelola Kecerdasan Artifisial Perbankan Indonesia. OJK.
204. Otoritas Jasa Keuangan (OJK). (2023). Laporan Sandbox Inovasi Keuangan Digital.
205. Otoritas Jasa Keuangan bersama asosiasi fintech. (2023). Panduan Kode Etik Kecerdasan Buatan yang Bertanggung Jawab dan Terpercaya di Industri Teknologi Finansial. OJK.
206. Oxford Insights. (2024). Government KA Readiness Index 2024. Oxford, UK: Oxford Insights.
207. PANG Cheng Kit, K. (2025). A COMPARATIVE ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE REGULATION: IMPLICATIONS FOR SINGAPORE. Singapore Academy of Law Journal, 37, 189–232. Scopus.
208. Pemerintah Indonesia. (2022). Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 1 Tahun 2022 tentang Kredit Usaha Rakyat (KUR). Jakarta. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
209. Pemerintah Republik Indonesia. (2014). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. (2014). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 300.
210. Pemerintah Republik Indonesia. (2019). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 185.
211. Pemerintah Republik Indonesia. (2020). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020–2024. Jakarta: Sekretariat Negara.
212. Pemerintah Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2025 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2025–2029 (Lampiran II, hlm. 142). Jakarta: Sekretariat Negara.
213. Pemerintah Vietnam. (2021). The National Strategy for Artificial Intelligence Research, Development and Application Through 2030. Dikutip dalam CSIRO. (2025, April). Diakses pada 24 Juni 2025, https://research.csiro.au/aus4innovation/wp-content/uploads/sites/578/2025/04/3.-National-strategy-for-Artificial-Intelligence-2030-ENG.pdf
214. PIB. (2025). Government of India Expands KA-Driven Skilling. Retrieved from https://www.pib.gov.in/.../PRID=2113095

215. Prasasti, dkk. (2025). KA Literacy 2025: Insights & Framework on Gender Equality, Disability, and Social Inclusion (GEDSI), Socioeconomics, and Well-being. Jakarta: ICT Watch. https://ictwatch.id/v2/buku-indonesia-ai-literacy-insights-and-framework/
216. Pratama, E. B. (2025). Pemetaan Stakeholder dan Strategi Kolaborasi dalam Investasi/Pembiayaan Kecerdasan Artifisial (KA) di Indonesia. KADIN Indonesia.
217. Precedence Research. (2025). Artificial Intelligence Market Size, Share, and Trends 2025–2034.
218. Presiden Republik Indonesia. (2017). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 59.
219. Presiden Republik Indonesia. (2018). Peraturan Presiden Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE). Sekretariat Negara Republik Indonesia.
220. Presiden Republik Indonesia. (2019). Peraturan Presiden Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
221. Presiden Republik Indonesia. (2019). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2019 tentang Satu Data Indonesia. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 112.
222. Proxsis Group. (2024). 5 kesalahan fatal dalam implementasi UU PDP dan strategi mengatasinya secara tuntas. ITGID. Diakses pada 27 Juni 2024, dari https://it.proxsisgroup.com/5–kesalahan-fatal-dalam-implementasi-uu-pdp-dan-strategi-mengatasinya-secara-tuntas/
223. Putra, M Irfan Dwi. (2023). Policy and Governance Framework for Artificial Intelligence (KA) as a Fundamental Basis towards the Development of Responsible KA in Indonesia. CfDS. https://digitalsociety.id/2023/12/01/policy-and-governance-framework-for-artificial-intelligence-ai-as-a-fundamental-basis-towards-the-development-of-responsible-ai-in-indonesia/14670/
224. PwC Indonesia. (2024). PwC 2024 global KA jobs barometer. PwC. https://www.pwc.com/id/en/media-centre/press-release/2024/indonesian/pwc-2024–global-ai-jobs-barometer.html
225. Quinn, M., Piper, B., Bliss, J. P., & Keever, D. (2020). Recommended Methods for Using the 2020 NIST Principles for KA Explainability. 2034–2037. Scopus. https://doi.org/10.1109/BigData50022.2020.9377760
226. Ramadhani, M. H. (2024, 23 September). Indonesia Terlalu Bergantung dari Teknologi Asing, Potensi Local Pride Diklaim Jadi Solusi. Jurnal Tinta. https://www.jurnaltinta.com/nasional/44713598043/indonesia-terlalu-bergantung-dari-teknologi-asing-potensi-local-pride-diklaim-jadi-solusi
227. Régis, Catherine, Jean-Louis Denis, Maria Luciana Axente, Atsuo Kishimoto (Eds.). 2024. Human-Centered KA A Multidisciplinary Perspective for Policy-Makers, Auditors, and Users. Boca Raton: CRC Press.
228. Republik Indonesia. (2009, 18 Maret). Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2009 tentang Lembaga Pembiayaan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009, Nomor 23, 8 hlm. OBJ
229. Republik Indonesia. (2017, 21 Juli). Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2017 tentang Peta Jalan Sistem Perdagangan Nasional Berbasis Elektronik (Road Map e-Commerce) Tahun 2017–2019. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 176; Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 159.
230. Republik Indonesia. (2020, 17 November). Peraturan Presiden Nomor 110 Tahun 2020 tentang Pencabutan Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2009 tentang Lembaga Pembiayaan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020, Nomor 260.
231. Republik Indonesia. (2021). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2021 tentang Kementerian Investasi. Lembaran Negara Republik Indonesia. Sekretariat Negara.
232. Republik Indonesia. (2023, 16 Juni). Peraturan Presiden Nomor 36 Tahun 2023 tentang Peta Jalan Jaminan Sosial Tahun 2023–2024. Jakarta.
233. Republik Indonesia. (2024, 12 Februari). Peraturan Presiden Nomor 19 Tahun 2024 tentang Percepatan Pengembangan Industri Gim Nasional. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 32..

234. Republik Indonesia. (2024). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2024 tentang Pendanaan Penyediaan Infrastruktur melalui Pengelolaan Perolehan Peningkatan Nilai Kawasan (P3NK). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024. Sekretariat Negara.
235. Roberts, H., Cowls, J., Morley, J., Taddeo, M., Wang, V., & Floridi, L. (2021a). The Chinese approach to artificial intelligence: An analysis of policy, ethics, and regulation. KA and Society, 36(1), 59–77. Scopus. https://doi.org/10.1007/s00146-020-00992-2
236. Roberts, H., Cowls, J., Morley, J., Taddeo, M., Wang, V., & Floridi, L. (2021b). The Chinese Approach to Artificial Intelligence: An Analysis of Policy, Ethics, and Regulation. Philosophical Studies Series, 144, 47–79. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81907-1_5
237. RRI. (2025). Fenomena brain drain di Indonesia. Radio Republik Indonesia. https://rri.co.id/...
Russell, Stuart dan Peter Norvig. 2020. Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). London: Pearson.
238. Sari, D. P., Ardhi, D. C., Santiago, M. E., & Jatmiko, B. (2024). Assessing Open Government Data Quality using Machine Learning: The Case of Satu Data Indonesia. CEUR Workshop Proceedings. https://ceur-ws.org/Vol-3737/paper56.pdf?utm_source=chatgpt.com
239. Schiff, D. S. (2023). Looking through a policy window with tinted glasses: Setting the agenda for U.S. KA policy. Review of Policy Research, 40(5), 729–756. https://doi.org/10.1111/ropr.12535
240. Schwab, Klaus dan Nicholas Davis. 2018. Shaping the Fourth Industrial Revolution. Geneva: World Economic Forum.
241. Scopus. (n.d.). Scopus. Retrieved from https://www.scopus.com/home.uri
242. Sekretariat Negara. (2020). Peraturan Pemerintah Nomor 73 Tahun 2020 tentang Modal Awal Lembaga Pengelola Investasi. Lembaran Negara Republik Indonesia. Sekretariat Negara.
243. Sekretariat Negara. (2020). Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2020 tentang Lembaga Pengelola Investasi. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2020. Sekretariat Negara.
244. Smart Nation and Digital Government Office. (2023). National KA strategy 2.0: KA for the public good, for Singapore and the world. Government of Singapore. https://www.smartnation.gov.sg/files/national-ai-strategy-2.pdf
245. Smart Nation Singapore. (t.t.). National KA Strategy. Diakses pada 24 Juni 2025, https://www.smartnation.gov.sg/nais/
246. SMERU Research Institute. (2024). Keterampilan digital ASN: Temuan dan rekomendasi untuk pengembangan kapasitas SDM pemerintah. The SMERU Institute.
247. Smuha, Nathalie A. (ed.). 2025. The Cambridge Handbook of the Law, Ethics and Policy of Artificial Intelligence. Cambridge: Cambridge University Press.
248. Stanford University. (2023). Artificial Intelligence Index Report 2023. Stanford HKA.
249. Statista. (2025). Artificial Intelligence Market Forecast in Indonesia.
250. Statista. (2025). Leading cloud service providers in Indonesia in 2023, by market share. Retrieved June 25, 2025, from https://www.statista.com
251. Structure Research. (2025). Global DC Power System Research Report 2025: Trends and key technologies for large-scale DC transmission (Report No. SR-DC-2025-07).
252. Suheruadi. (2024). Inovasi KA dan Teknologi Sygenta Tingkatkan Produksi Pertanian 25%. Fortune Indonesia. https://www.fortuneidn.com/business/inovasi-ai-teknologi-syngenta-tingkatkan-produksi-pertanian-25-00-ccw2k-hq25gg?utm_source=chatgpt.com
253. Suteki Technology. (2025, Juni 12). Mengenal Program KATALIS: Kolaborasi penelitian strategis antar perguruan tinggi [Blog post]. https://suteki.co.id/mengenal-program-katalis-kolaborasi-penelitian-strategis-antar-perguruan-tinggi/?utm_source=chatgpt.com
254. Tech in Asia. (2024). Tren investasi startup konsumer Indonesia 2024. Tech in Asia.

255. The Alan Turing Institute. (2020). The Alan Turing Institute. Retrieved from https://www.turing.ac.uk/
256. The Alan Turing Institute. (2024). Understanding the impacts of generative KA use on children. https://www.turing.ac.uk/research/research-projects/understanding-impacts-generative-ai-use-children
257. The Global Economy. (2024). Human flight and brain drain in Asia. Retrieved from https://www.theglobaleconomy.com/...
258. The Jakarta Post. (2025, April 17). How Indonesian enterprises can lead and scale KA adoption.
259. The White House. (2023). Blueprint for an KA Bill of Rights. Retrieved from https://bidenwhitehouse.archives.gov/...
260. The White House. (2025). President's Council of Advisors on Science and Technology. Retrieved from https://www.whitehouse.gov/...
261. The World Bank. (2025). Researchers in R&D (per million people) - Indonesia, Malaysia. World Bank Open Data. Diakses pada 27 Juni 2025, dari https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?locations=ID-MY
262. Thian, S. Y. (2025). Malaysia aims to be a global leader in responsible KA innovation. Retrieved from https://govinsider.asia/...
263. Think Policy. (2024, Oktober). Menuju Transformasi Digital yang Bermakna. Kementerian Komunikasi dan Informatika.Think Policy. (2025, 19 Maret). KA as Innovation and Competition Driver of Indonesia's Digital Economy. British Embassy.
264. Trufe Insights. (2025). KA in Disaster Recovery: Transforming Crisis Response and Resilience. Linkedin Post. https://www.linkedin.com/pulse/ai-disaster-recovery-transforming-crisis-response-resilience-poqvf/
265. UK KA Council. (2021). KA Roadmap. London, UK: UK KA Council.
266. UKRI. (2018). UK Research and Innovation. Retrieved from https://www.ukri.org/
267. Umar A., M. (2025). Digital Economic Revolution: The Role of Internet of Things (IoT) And Artificial Intelligence (AI) in Business Management and Accounting. Oikonomia: Journal of Management Economics and Accounting, 2(2), 298. https://doi.org/10.61942/oikonomia.v2i2.298
268. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi. (2022, Oktober 17).
269. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi. (2022). Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2022 Nomor 196.
270. UNESCO. (2021, November 24). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. UNESCO. https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-ethics-artificial-intelligence
271. UNESCO. (2023). Indonesia: Laporan Penilaian Kesiapan (Readiness Assessment) Kecerdasan Artifisial (KA). UNESCO. Dari https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392317_ind
272. UNESCO. (2024). Indonesia: Laporan Penilaian Kesiapan (Readiness Assessment) Kecerdasan Artifisial (KA). UNESCO.
273. UNESCO. (2024). Indonesia: Laporan Penilaian Kesiapan (Readiness Assessment) Kecerdasan Artifisial (KA). UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000392317_ind
274. UNESCO. (2024a). Indonesia Artificial Intelligence Readiness Assessment Report. Paris, France: UNESCO.
275. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2022). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137
276. UTM. (2025). Faculty of Artificial Intelligence. Retrieved from https://fai.utm.my/
277. Utoyo, Donny. (Ed.). (2018). Pengantar Tata Kelola Internet. Jakarta: ICT Watch. https://ictwatch.id/v2/buku-pengantar-tata-kelola-internet/
278. Wiguna, Adi Bangkit. (2024). Fighting for Control over Algorithms and Datasets: Sociotechnical Solutions to Overcome Gender & Racial Biases in Artificial Intelligence. CfDS. https://digitalsociety.id/wp-content/uploads/2024/12/103–Eng-Mengatasi-Bias-Gender-dan-Ras-dalam-KA-1–2.pdf

279. World Bank. (2020). Research and development expenditure (% of GDP) – Indonesia. Retrieved from https://data.worldbank.org/.
280. World Economic Forum. (2024). KA in action: Beyond experimentation to transform industry.World Economic Forum. (2025). The future of jobs report 2025. World Economic Forum. https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/
281. World Economic Forum. (2025). The Global Risks Report 2025 (20th ed.).
282. Yang, C., & Huang, C. (2022). Quantitative mapping of the evolution of KA policy distribution, targets and focuses over three decades in China. Technological Forecasting and Social Change, 174. Scopus. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121188

Daftar Anggota Gugus Tugas

Berdasarkan Keputusan Menteri Komunikasi dan Digital Nomor 334 Tahun 2025 tentang Gugus Tugas (*Task Force*) Penyusunan Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Indonesia, menetapkan susunan Gugus Tugas (*Task Force*) Penyusunan Peta Jalan Kecerdasan Artifisial Indonesia sebagai berikut:

Pemerintah



Akademisi



Media



Asosiasi



Pelaku Usaha, Industri, *Startup*



Etika		Kebijakan	
Henke Yunkins	IAIS	Irma Handayani	Kemkomdigi
Indriyatno Banyumurti	ICT Watch	Nur Anis Hadiyati	BRIN
Adya Danaditya	Universitas Bunda Mulia	Arwin Datumaya Wahyudi Sumari	TNI AU
Debby Kristin	EngageMedia	Andry Alamsyah	Universitas Telkom
Angga Airlangga	IBM	Suhono Harso Supangkat	Asosiasi Prakarsa Indonesia Cerdas
Ramzy Muliawan	SAFEnet	Agung Pamungkas	Google Indonesia
Abdurrahman Hamas Nahdly	GNLD Siberkreasi	Anis Fuad	Universitas Gadjah Mada
Agus Santoso	Indosat	Thomhert Suprapto Siadari	Universitas Telkom
Ardhitya Rinaldo	Halodoc	Oeke Yunita	Universitas Surabaya
Aulia Zulfa	Kemkomdigi	Indriaswati Dyah Saptaningrum	Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya
Cahyono Tri Birowo	KemenpanRB	Nadhila Renaldi	Meta
Daniel Oscar Baskoro	Kagama AI	Puri Kencana Putri	IBM
Defira Novianti Crisandy	ICT Watch	Abriansyah Arisoni	BRIN
Dessi Puji Lestari	Institut Teknologi Bandung	Ajeng Risda R.	Kemkomdigi
Diandra Malya	GoTo	Alifian Arrazi	Mandala Consulting
Fandi Aditya Putra	BSSN	Amalia Fitri	BSSN
Hermawan Prasetyo	Kemkomdigi	Andhika Prayoga	Kemenkes
Josefhine Chitra	GoTo	Andreas Bondan Satriadi	Bappenas
Marcelina Tri Nasiti W	BSSN	Arif Wahyudi	Kemkomdigi
Munawwaroh	Kagama AI	Atong Soekirman	Kemenko Ekon
Lanny W. Pandjaitan	Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya	Bayu Panji Pangestu	Kagama AI
Syahrun Nur Madjid	Universitas Syiah Kuala	Bhredipta Socarana	Access Partnership
Lusiana Dwiyanti	BPKN	Bina Hermana	Lintasarta
Mahardika Soffan Putra	BSSN	Clarina Andreny	Grab Indonesia
Rangga Adi Negara	Kemkomdigi	Dandy Satriatama	Cisco
Maria Yohana	Kemkomdigi	Debby Kristin	EngageMedia
Ryan Abdisa Sukmadja	Kemkomdigi	Dedi Setiawan	Bappenas
Yustina Nita Sulistami	BRIN	Dilani Maryam	Amana Solutions
Welly Puji Ginanjar	BSSN	Dini Maghfira	Bappenas
Fahmi Alusi	BRIN	Doddy Darmawan	Halodoc
Abdurrochman Indrajaya Sukma	BPOM	Donny Utoyo	ICT Watch
Achmad Iqbal Taufiq	Kemenkum	Dwi Kardono	BSSN
Agung Damarsasongko	Kemenkum	Eleonore Shalomita Hana	GoTo
Arif Rachman	Kemenkum	Even Alex Chandra	Masyarakat Telekomunikasi
Dedi Immanuel Gultom	Kemenkum	Faisal Hilmi	Privasimu
Ika Ahyani Kurniawati	Kemenkum	Farah Nuriza Amelia	Telkomsel
Jasmine Rosmania Safitri	Kemenhub	Fatkhi Arif Pratama	BSSN
Muhammad Nur Anbiya	Kemenhub	Febrina Theresia Siahaan	Kemkomdigi
Novi Mirawanty	Kemenkum	Furaihan Kamyl Arnazaye	GoTo
Sulistiono WS	Kemenhub	Ganesha Mahottama Lubis	Kemenko Ekon
Muhammad Fauzy	Kemenekraf	Hendro Sulistiono	Kemkomdigi
Afifa Nurrahmawati	BSSN	Heru Tjatur	Asosiasi Media Siber Indonesia (AMSI)
Ayatullah	Kemenhub		
Infrastruktur dan Data		Hilmy Hanif	Amana Solutions
M. Ridwan Rauf	Kemkomdigi	I Ketut Prihadi Kresna	Assegaf Hamzah & Partners
Lina Wardiya	Kemkomdigi	Ida Ayu Prasastiasih Dewi	ICT Watch
Andi Wijaya	Asosiasi IT (AiTI)	Ihsan Aviangga Putra	Bank Indonesia
Esther Irawati Setiawan	Institut Sains dan Teknologi Terpadu Surabaya	Indri Maria	Kemkomdigi
Andja Karunia	Kemkomdigi	Intan Nurma Yulita	Universitas Padjadjaran
Lukas	Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya	Janitra Haryanto	Salesforce
Panji Wasmana	Microsoft	Jhon Roy N. Simanjuntak	Lintasarta
Rudi Rusdiah	Asosiasi Big Data dan AI	Josua Sitompul	Kemkomdigi
Surahyo Sumarsono	Universitas Gadjah Mada	Kaleb Sihombing	KemenpanRB
Rafif Masrur Rauf	BSSN	Kautsarina	Kemkomdigi
Ikut Tri Handoyo	BRIN	Lisa Shaumanissa	Bappenas
Cahyono Tri Birowo	KemenpanRB	Luqman Yusuf Bharoto	Bank Indonesia
Achmad Basuki	Universitas Brawijaya	Maureen Novita J.P.	Kemkomdigi
Aditya Nursaidillah	Kemkomdigi	Messa Prima	BSSN
Agung Nugraha	BSSN	Muhammad Deckri Algamar	Centre for AI & Digital Policy
Budiaji Hartono	Lintasarta	Muhammad Ikhsan	Kemkomdigi
Caesario Oktanto Kisty	BSSN	Nur Azizah Arianggi S.	Bappenas
Diana Purwitasari	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Pasha Dwi Mahendra	Kemenko Ekon

Infrastruktur dan Data	
Evan Fajar NBM	Kemkomdigi
Hendra Suryakusuma	IDPRO
Fajar Wijitrisnanto	BSSN
Feriani Ulfah	OJK
Henriko Samosir	Halodoc
Hijrah Saputra	Kemendagri
Hilmy Hanif	Amana Solutions
Ian Keikai	Telkom Corpu
Icu Marwati	Asosiasi E-Commerce Indonesia (idEA)
Machdi Fauzi	Indosat
Maryadi Windu Jati Nugroho	Telkomsel
Mochammad Deariza Alfathan	OJK
Mohamad Rosidi	Huawei
Muhamad Anis	BSSN
Rinaldi Noor	Kemkomdigi
Yessi Arnaz F	Kemkomdigi
Yohanes Kurnia Widjaja	IAIS
I Made Mustika Kerta Astawa	BSSN
Yanti Nurhayanti	Badan Pangan Nasional
Hendro Mulyo Widiyanto	Kemkomdigi
Rizal Alfiansyah Hamid	Kemendikti
Dini Maghfirra	Bappenas
Adinda Virantika Putri	Bappenas
Adiyatma Aria Wardana	Bappenas
Fahira Iswijayanti	BSSN
Satrya Abdi Wijaya	BSSN
James Leonardo	BSSN
Anggrahito	BSSN
Bomaindra Gunawan	BSSN
Erista Medina	Kemkomdigi
Franova Herdiyanto	Kemendikti Saintek
R. Moh Nurul Rachman	Kementerian UMKM
Ahmad Fauzi	Kementerian UMKM
Subhan Fikri Lubis	Kementerian UMKM
Edho Pratama Bisma Andika	Kementerian UMKM
Feki Pangestu Wijaya	BPSDM
Hilman Pridana	Kemkomdigi
Herdiansyah Oktabela	KKP
Probo Herawani	BRIN
Budiono	BRIN
Muhammad Hanif Muslim	BRIN
Puji Heliyanto	BSSN
Arga Dhahana Pramudianto	BSSN
Rizki Okhta Ardianto	BSSN
Dwi Pratiwi Kusumaningtyas	BKN
Iman Sanjaya	Kemkomdigi
Irfan Nanda Gustri	BPOM
Join Wan Chanlyn Sigalingging	BMKG
Juwita Pebriana Pasaribu	BKN
Lamhot Alfianto Destian	BPOM
Michael Abimanyu	IDPRO
M Novan Satriono	BPOM
Moh Dede Fazri	BKN
Muhamad Wahyu K	BPOM
Panuju Dodot Sasongko	Kemenhub
Puguh Arry Wibowo	Kemenhub
Widi Mardianto	BPOM
Reslyana Dwitasari	Kemen Ekraf
Murtias Desi Hartanti	Kemkomdigi

Pengembangan Talenta	
Hary Budiarto	Kemkomdigi
Andreas Tjendra	KORIKA
Ayu Purwarianti	ITB
Hendy Risdianto Wijaya	IAIS
Indrajani	IAIS
Afiahayati	Universitas Gadjah Mada
Afnan	Universitas Syiah Kuala
Andrew Fiade	UIN Jakarta
Arif Handoko	PT Marcommads Edukasi Indonesia

Kebijakan	
Prakoso Bhairawa P.	BRIN
Dolly Febri	Kemenhub
Rahmia Hasniasari	DANA
Raisa Rizqi Fauziyah	Kemenko Ekon
Ratna Pertiwi	BRIN
Rilla Gusela S.	Kemkomdigi
Rolly Rochmad Purnomo	Bappenas
Safira Pusparani	Asosiasi E-Commerce Indonesia (idEA)
Sumurung Simanjuntak	Kemenko Ekon
Surono Setiyo Atmojo	BRIN
Teguh Arifiyadi	Kemkomdigi
Theodore Sudarto	Kemenko Ekon
Unggul Sagena	SAFEnet
Wahyudi Djafar	Catalyst Policy Works (CPW)
Widyasari Listyowulan	Microsoft
Windy Gambetta	Institut Teknologi Bandung
Zacky Husein	Assegaf Hamzah & Partners
Alexander P	Kemenkum
Aries Kusdaryono	Kemkomdigi
Arif Hidayat	Kemenhub
Dandi Rohmat Muttakin	Kemenhub
Dwita Ratih Fitriani	BPOM
Fajrimei A Gofar	KemenHAM
Hendro Purnomojati	Kemenhub
Heni Sri Wahyuni	BKN
Imam Mahdi Nashif	Kemenkum
Jonna Aman Damanik	Komisi Nasional Disabilitas
Jumiati	BKN
Manzila Falah	Kemenkum
Muchtar Sani	Kemenkum
Nova Dahliyanti	Kemenkum
Putri Damai Lestari	BPOM
Raymond Ivan Sianturi	Kemenhub
Salfikar Alfarizi Abbas	Kemkomdigi
Trisiwi Indra Cahyani	BKN
Vinsca Pramesthi	BPOM
Vita Arieska	BKN
Winayu Budi Wardhani	BPOM
Mohammad Nuzulul Januarcakti	Kemen Ekraf
Yasril Andriawan	BSSN
Sarah Sagita	Kemkomdigi

Riset dan Inovasi	
Haryu Kresno Widiputranto	Kemkomdigi
Azhar Rafiq	Nexmedis
Muhammad Rizky Pribadi	Universitas Multi Data Palembang
Dicky Bagus Widhyatmoko	IAIS
Yarabisa Yanuar	CV Acta Techno Inava
Adhi Prasetyo Utomo	PRIVASIMU
Alex Lukmanto Suherman	BPTASKIN
Anto Satriyo N	BRIN
Indrabayu	Universitas Hasanuddin
Benazir Komarudin	Alpha JWC
Telly Kamelia	IAIS
Harisudewo Budiyuwono	Kagama AI
Leorede Ano Oky Fani T	Pijar Foundation/AIIP
Ni Luh Wiwik Sri Rahayu G	INSTIKI
Nugraha Priya Utama	Institut Teknologi Bandung
Nurita Marliati	Indosat
Arif Rahman Hakim	BSSN
Sindhu Wardhana	Kemenkeu
Suryadiputra Liawatimena	Universitas Bina Nusantara
Irfan Sampe	Bank Indonesia
Feriati Nurdinasari	Bank Indonesia
Alda Wahyu Budiarto	Lintasarta
Joshua Ariel Perkasa	KemenpanRB
Roberto Evans	Universitas Pelita Harapan
Iqbal Fahmi	Equatorise Advisory
Christian Budiono	HERA NGF (Next Gen Frontier)
Kuncahyo Setyo Nugroho	Bina Nusantara University
Devi Willieam Anggara	Institut Teknologi Bandung

Pengembangan Talenta	
Arif Wicaksono Aryadi	Lintasarta
Bahtiar Rifai	BRIN
Cries Avian	Universitas Brawijaya
Defira Novianti Crisandy	ICT Watch
Dessy Sukendar	Meta
Dito Eka Cahya	BRIN
Dewi Pramudi Ismi	Universitas Ahmad Dahlan
Elly Matul Imah	Universitas Negeri Surabaya
Gloria Virginia	IAIS/UKDW
Grace Heny	Asosiasi Pemimpin Digital Indonesia
Gregorius Bimantoro	Smart Health Society APIC
Heryanto Chen	HERA NGF (NEXT GEN FRONTIER)
Lucky Widyanty	XGapura Academy
Mohamad Adning	Kemendikdasmen
Nugroho Arief Prasetyo	KemenPANRB
Nunung Nurul Qomariyah	IAIS
Nur Syifa Illaty	AI Institute for Progress / Pijar Foundation
Pofi Putri Utami	Kemenkes
Eko K. Budiardjo	Universitas Indonesia
Taufik Fuadi Abidin	Universitas Syiah Kuala
Putra Pandu Adikara	Universitas Brawijaya
Rafik Lutfiansyah	BP Batam
Rizal Setya Perdana	Universitas Brawijaya
Roro Mega Cahyaning Azmi Riyandani	ICT Watch
Ruth C	Novalinda
Sandy Kusuma	Aptiknas
Siti Maesyaroh	Kementerian UMKM
Teguh Handjojo Dwiputranto	Kagama AI
Zhafira Sonjaya	Indosat
Malona Sri Manurung	BPKN
M. Gusti Bustami	Kemenkeu
Aprianti Dewi	Kementerian UMKM
Mohammad Musatafa Sarinanto	Kementerian Ketenagakerjaan
Awangga Febian Surya A	Kemkomdigi
David Aulia Akbar Adhieputra	Kemendikti Saintek
Didi Rustam	Kemendikti Saintek
Badar Agung Nugroho	Kemkomdigi
Aldhino Anggorosesar	Kemkomdigi
Nugroho Setyabudhi	Kementerian Pertanian
Elga Fredianto	Kemenhub
Fahmy	BPOM
Firdaus Prima Siswanto	Kemenhub
Inasari Widiyastuti	Kemkomdigi
Jacky Taruna	Kemenhub
Nadia Ashmi Atthahira	Kemenhub
Perdhana Ari Sudewo	BPOM
Radius Imam Taufik	BKN
Siamwahyuni	Kementerian Ekonomi Kreatif/Badan Ekonomi Kreatif

Use-case	
Adhuguna Mahendra	OIKN
Asril Jaris	BRIN
Diah Utami	Kemkomdigi
Ikhlas Bahar	IAIS
Alva Erwin	IAIS
Ahmad Hidayat	FORKOMTIKNAS
Ekki Rinaldi	OIKN
Andi Riza Syafarani	Jawara Data Nusantara
Renan Prasta Jenie	Binawan University
Ghulam Zaidan Kamil	DOTS
Haryati Lawidjaja	Asosiasi Fintech Indonesia
Auxell Putra Tritama	Telkomsel
Ina Nurmalia K	
Juan Intan Kanggrawan	Jakarta Smart City
Dwi Elfrida Martina	Ditjen Teknologi Pemerintah
Simanungkalit	Digital Komdigi
Khrisna Handipani	
Rakanagara	Universitas Syiah Kuala
Renardi Ardiya Bimantoro	Bank Indonesia
Marliani	OJK

Riset dan Inovasi Industri	
Mahmud Isnan	Bina Nusantara University
Muhammad Isa Ansori	PT Pos Indonesia
Bintang Rehari Suyardi	Kemkomdigi
Indra Winata	Kementerian UMKM
Romualdo Harrord Domar	Kementerian UMKM
Setiowiji Handoyo	BRIN
Fahrizal Lukman Budiono	Kemkomdigi
Amal Burga Muhammad	Kemkomdigi
Ajeng Fajarwati	Kemenhub
Dwi Triswanto	Kemenhub
Mohammad Fauzan Adziman	Kemendikti Saintek
Shonia Galuh Ajeng	Forum Satria AI

Investasi / Pembiayaan	
Oskar Riandi	Bahasa Kita
Sukirman	Kemkomdigi
Titah Yudhistira	Institut Teknologi Bandung
Fannany Priambodo Mukti	Direktorat Jenderal Pajak
Arief Kusuma	KORIKA
Matheace Ramaputra	IAIS
Eryk Budi Pratama	Kamar Dagang dan Industri (KADIN) Indonesia
Daniar, AIGP	Assegaf Hamzah & Partners
Prasetya Dwicahya	AMANA Solutions
Alvin Devara	BSSN
Ardymulya Iswardani	Universitas Boyolali
Arif Ilham Adnan	Asosiasi Pemimpin Digital Indonesia
Arimbi Nuurlatifa Yogasara	Kemenkes
Muhammad Faisal	Kemkomdigi
Hendra Sumiarsa	IAIS
Ignatius Adiasa Giovanco	BCA
Pandu Kartika	KemenPANRB
Patota Putra Tambunan	Yayasan Sukarsa
Rizka Khairunissa Herdiani	Digital Districts Indonesia
Raka Wicaksana	Bower Group Asia
Untung Supriyono	Braincompt Digital Media
Andrea Stevens Karnyoto	Universitas Bina Nusantara
Handy Eka Putra Anwar	Kemkomdigi
Poppy Yuniarti Ramdhania	Kemkomdigi
Lutfi Alkatiri	OJK
Rama Mamuaya	DSX Ventures dan Discovery
Ahmad Sohibil Kahfi	Kemendag
Gidion Suranta Barus	Lintasarta
Lantif Anggrahita Pratama	Kemenhub
Punky Sukma Wibowo	Kemenhub
Rihandika Ramandha	Kemenhub
Medi Susanto	Kemen Ekraf
Reynaldi Francois	Forum Satria AI

Sekretariat (Komdigi)
Irma Handayani
Sudiono
Mega Shatila
Franke Ann Hirt
Arif Inela Putra
Ariefati Wiratama
Fatmawati
Nur Suciana Eka D
Savitri Amalia
Hendry Syahputra
Kiki Nurdiansyah
Averio Nadhirianto
Fachrian Nugraha Arma
Rahmat Ridho
Alhamdi Syukra
Rona Uli Pardede
Rahmat Rizki
Monika Radinka
Febri Ivana Tarigan
Rosemery Paulina R.P.
Sulistio Tri Lestari
Citra Cipta Villany
Aris Widiyono
Melania Tashya

Use-case		Sekretariat Komdigi
Muhammad Awan	Indosat	Yusri Ammay
Kahlil Muchtar	Universitas Syiah Kuala	Titisari Sekar Wangi
Muhammad Reza Ariansyah	Indosat	Bimo Prakoso Wicaksono
Perwita Sari	Kementerian PANRB	Yuliani Asima Hutauruk
Muhamad Firdaus Pratama	Lintasarta	
Fannany Priambodo	Ditjen Pajak	
Syafril Tua	Kementerian Hukum	
Lystio Ratna Hutabarat	Ditjen Ekosistem Digital Komdigi	
Jumadi	Telkomsel	
Lazuardi Zulfikar Wicaksana	Kementerian Keuangan	
Irman Lukmana	OIKN	
A. Rachman Sofian	Diskominfo Jabar	
Doni Marshall Rangga	Sekretariat Jenderal Komdigi	
Salsabila Atthariqa Putri Izzat	Ditjen Teknologi Pemerintah Digital Komdigi	
Achmad Syaefudin	Kementerian Imigrasi	
Aman Budi	Kementerian Imigrasi	
Alfian Illarizky	BSSN	
Fadhil Hidayat	Institut Teknologi Bandung	
Ifuk Permana	BRIN	
Farham Harvianto	BRIN	
Doni Dwi Hantyoko Wahyudiwan	BRIN	
Aldi Rizal Prasetya	BPSDM Komdigi	
Rainaldo	Doctortool	
Dhimas Riksa	BSSN	
Anto Satriyo Nugroho	BRIN	
Adhitya Bagus Ainu Wijaya	Kementerian Perhubungan	
Ana Perwitasari	BPOM	
Anggia Saniagati	BPOM	
Arief Dwi Putranto	BPOM	
Arif Nofyan Syah	Kementerian Pertanian	
Avita Tri Utami	Kementerian Hukum	
Ayu Kharizsa	Kementerian Perhubungan	
Dimas Pramono Aji	Kementerian Luar Negeri	
Diniarti Nayu Pratiwi	BPOM	
Don Ardhito	Kementerian Hukum	
Eridha Setyanie	Kementerian Perhubungan	
Eva Yunita Sari	Kementerian Imigrasi dan Pemasyarakatan	
Falatehan	Ditjen Ekosistem Digital Komdigi	
Fredy Yoseph Marianto	Kementerian Perhubungan	
Ghina Kartika	BPOM	
Indana Zulfa	BKN	
Indriati	Kementerian Perhubungan	
Jesa Nuhgroho	BPOM	
Lollan Andy Sutomo Panjaitan	Kementerian Perhubungan	
Nurhasan Efendi	Kementerian Perhubungan	
Pangarso Dadung Nugroho	Kementerian Luar Negeri	
Ruri Anindita Hapsari	Ditjen Ekosistem Digital Komdigi	
Sigit Sukmoro	Kementerian Perhubungan	
Vandu Riski Muwisnawangsa	Kementerian Imigrasi dan Pemasyarakatan	
Wahyu Agung Pratama	Kementerian Perhubungan	
Wahyu Firdaus	BKN	
Dandy Yudha Feryawan	Kementerian Ekonomi Kreatif/Badan Ekonomi Kreatif	
Tommy Teja	Forum Satria AI	
Hairi Abbas	Forum Satria AI	
Theresa Tjandrawinata	Forum Satria AI	

KOMDIGI