

ARTIKEL AKADEMIK

AI, Digitalisasi, dan Masa Depan Ekonomi Indonesia

Transformasi Produktivitas, Pekerjaan, dan Kedaulatan Digital Menuju 2045

Prof. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, PhD

www.rudyclt.com/cv.pdf

Bogor. 27 Juli 2026

● RUDYCT ACADEMIC SERIES 2026

ARTIKEL AKADEMIK

AI, DIGITALISASI, DAN MASA DEPAN EKONOMI INDONESIA

Teknologi sebagai pengungkit produktivitas, inklusi,
daya saing, dan kedaulatan ekonomi menuju 2045

PRODUKTIVITAS

PEKERJAAN

INOVASI

KEDAULATAN DIGITAL

OLEH

Prof. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, PhD

www.rudycr.com/cv.pdf



Ketua
Dewan Guru Besar
Institut Pertanian Bogor
2004-2005

ARTIFICIAL INTELLIGENCE • DIGITAL ECONOMY • INDONESIA 2045

Abstrak

Kecerdasan artifisial dan digitalisasi sedang mengubah cara pengetahuan diproduksi, keputusan dibuat, transaksi dilaksanakan, dan pekerjaan diorganisasikan. Bagi Indonesia, perubahan ini membuka peluang untuk mengatasi produktivitas yang belum optimal, memperluas layanan dasar, memperkuat UMKM, meningkatkan mutu industri, dan membangun pemerintahan yang lebih responsif. Namun, manfaat tersebut tidak otomatis terwujud. Infrastruktur yang timpang, konsentrasi platform dan komputasi, kekurangan keterampilan, lemahnya tata kelola data, risiko keamanan, bias algoritmik, serta pergeseran pekerjaan dapat memperlebar ketimpangan. Artikel ini mengembangkan kerangka ekonomi-politik teknologi untuk membaca hubungan AI, digitalisasi, dan masa depan Indonesia. Pembahasan mencakup produktivitas, industri, UMKM, pekerjaan, pendidikan, riset, infrastruktur digital, data, platform, keuangan, kesehatan, pangan, logistik, pemerintahan, keamanan siber, etika, inklusi, kedaulatan teknologi, keberlanjutan, regulasi, dan peta jalan 2026–2045. Argumen utamanya ialah bahwa AI harus diperlakukan sebagai infrastruktur kapabilitas nasional dan teknologi tujuan umum yang diarahkan oleh kepentingan publik. Keberhasilan tidak diukur dari banyaknya aplikasi, melainkan dari kenaikan produktivitas yang tersebar, pekerjaan yang lebih bermutu, layanan yang lebih adil, daya saing yang meningkat, dan kedaulatan keputusan yang tetap berada pada manusia serta institusi demokratis.

Kata Kunci

kecerdasan artifisial; digitalisasi; ekonomi digital; produktivitas; pekerjaan; data; platform; inovasi; inklusi digital; kedaulatan teknologi; Indonesia Emas 2045

1. Pendahuluan: Teknologi, Pilihan, dan Masa Depan

AI sering digambarkan sebagai gelombang yang tidak dapat dihentikan. Metafora itu menutupi kenyataan bahwa arah teknologi selalu dibentuk oleh keputusan manusia: siapa membiayai riset, data apa yang dikumpulkan, tujuan apa yang dioptimalkan, aturan apa yang berlaku, dan siapa yang memperoleh manfaat. Indonesia bukan penonton pasif. Ia dapat memilih menjadi pasar aplikasi, pemasok data dan tenaga murah, atau pembangun kapabilitas yang menggunakan teknologi untuk menyelesaikan persoalan pembangunan.

Digitalisasi mengubah informasi analog menjadi data yang dapat diproses; transformasi digital mengubah proses dan organisasi; AI menambahkan kemampuan prediksi, klasifikasi, generasi, dan optimasi. Ketiganya saling terkait tetapi tidak identik. Memindahkan formulir ke layar tidak otomatis memperbaiki layanan. Menambahkan chatbot tidak memperbaiki basis data yang buruk. Otomasi tanpa redesain proses dapat mempercepat kekeliruan.

Pertanyaan pokok artikel ini bukan apakah AI akan datang, melainkan ekonomi seperti apa yang hendak dibangun dengan AI. Jawabannya harus menghubungkan efisiensi dengan keadilan, inovasi dengan akuntabilitas, keterbukaan dengan keamanan, serta kecepatan dengan pembelajaran. Pembangunan digital yang matang menjaga manusia sebagai tujuan, bukan sekadar sumber data atau biaya yang harus dikurangi.

2. Kerangka Konseptual: Dari Digitisasi ke Inteligensi

Digitisasi adalah konversi informasi; digitalisasi adalah penggunaan teknologi digital untuk memperbaiki kegiatan; transformasi digital adalah perubahan mendalam pada strategi, proses, struktur, dan budaya. AI mencakup sistem yang melakukan tugas kognitif tertentu melalui aturan, pembelajaran mesin, model fondasi, atau kombinasi teknik. AI generatif menghasilkan teks, gambar, suara, kode, dan bentuk konten lain berdasarkan pola data.

Sebagai teknologi tujuan umum, AI berpotensi digunakan lintas sektor dan memunculkan inovasi pelengkap. Dampaknya tertunda karena organisasi perlu membangun data, keterampilan, prosedur, kepercayaan, dan model usaha. Paradoks produktivitas muncul ketika investasi teknologi besar belum terlihat dalam statistik karena adopsi dangkal, biaya transisi tinggi, atau manfaat terkonsentrasi.

Analisis ekonomi perlu melihat tugas, bukan hanya jabatan. Sebuah pekerjaan terdiri atas kegiatan rutin, interpersonal, fisik, analitis, kreatif, dan pengambilan tanggung jawab. AI dapat mengganti sebagian tugas, melengkapi tugas lain, dan menciptakan tugas baru. Hasil terhadap pekerjaan bergantung pada biaya, permintaan, organisasi, keterampilan, serta kebijakan pembagian keuntungan.

3. Posisi Indonesia dalam Transformasi Digital

Indonesia memiliki pasar besar, demografi muda, penggunaan platform yang luas, ekonomi kreatif, jaringan UMKM, dan kebutuhan layanan publik yang dapat menjadi lahan inovasi. Pada saat yang sama, kualitas konektivitas, keterjangkauan perangkat, literasi, kapasitas pemerintah daerah, dan kesiapan perusahaan sangat beragam. Angka nasional rata-rata sering menyembunyikan kesenjangan antarpulau, kota-desa, gender, disabilitas, pendapatan, dan ukuran usaha.

Transformasi digital menjadi prioritas RPJMN 2025–2029, sedangkan RPJPN 2025–2045 telah menempatkan kecerdasan buatan dalam horizon pembangunan. Pemerintah juga mengembangkan peta jalan serta pedoman etika AI. Tantangan terbesarnya bukan menghasilkan dokumen, melainkan menyatukan visi dengan anggaran, standar, pengadaan, pendidikan, riset, pengawasan, dan kapasitas implementasi.

Indonesia membutuhkan diagnosis yang jujur. Negara dapat kuat sebagai pengguna, tetapi masih bergantung pada perangkat, komputasi, model, cloud, dan kekayaan intelektual dari luar. Ketergantungan tidak selalu buruk, namun menjadi risiko ketika pemasok terkonsentrasi, biaya berubah, akses dibatasi, atau sistem kritis tidak dapat diaudit. Strategi harus membedakan apa yang perlu dimiliki, dikuasai, dijamin aksesnya, dan dapat dibeli secara kompetitif.

4. Ekonomi Data sebagai Fondasi

Data adalah representasi parsial realitas, bukan realitas itu sendiri. Data lahir dari definisi, pengukuran, dan konteks. Dataset yang besar dapat tetap tidak relevan, bias, kedaluwarsa, atau melanggar hak. Karena itu, strategi AI dimulai dari tata kelola data: kualitas, interoperabilitas, keamanan, privasi, dokumentasi, kepemilikan, akses, retensi, dan akuntabilitas.

Data memiliki sifat ekonomi khusus. Ia dapat digunakan berulang kali, memperoleh nilai ketika digabungkan, dan menghasilkan efek jaringan. Namun biaya pengumpulan, kurasi, penyimpanan, serta perlindungannya nyata. Konsentrasi data memberi keunggulan kepada platform besar dan dapat menghambat

pendatang baru. Kebijakan perlu mendorong portabilitas, interoperabilitas, ruang data tepercaya, dan akses riset tanpa menghapus hak.

Perlindungan data pribadi bukan penghambat inovasi. Ia adalah infrastruktur kepercayaan. Prinsip pembatasan tujuan, minimisasi data, keamanan sejak desain, dan hak subjek data mengurangi risiko sekaligus meningkatkan disiplin organisasi. Untuk data publik, keterbukaan harus dipadukan dengan anonimisasi, klasifikasi, dan perlindungan kelompok rentan.

5. AI, Produktivitas, dan Pertumbuhan

5. AI, Produktivitas, dan Pertumbuhan perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi adopsi AI di perusahaan, desain organisasi, modal tak berwujud, difusi teknologi, dan produktivitas multifaktor. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa AI menurunkan biaya prediksi dan pencarian, mempercepat eksperimen, meningkatkan mutu keputusan, serta memungkinkan produk baru. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup investasi kosmetik, data buruk, vendor lock-in, kesenjangan perusahaan, dan manfaat yang terkonsentrasi. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Pekerja dan perusahaan kecil harus memperoleh alat, pelatihan, pembiayaan, dan posisi tawar agar kenaikan produktivitas tidak hanya menjadi rente. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain diagnostik kesiapan, pusat adopsi, voucher teknologi, pengadaan inovatif, standar interoperabilitas, evaluasi dampak, dan kebijakan persaingan. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan,

kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup produktivitas, kualitas, waktu proses, inovasi, upah, difusi antarwilayah, pangsa UMKM, konsentrasi pasar, dan kepuasan pengguna. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda adopsi AI di perusahaan, desain organisasi, modal tak berwujud, difusi teknologi, dan produktivitas multifaktor memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 5. ai, produktivitas, dan pertumbuhan harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

6. Transformasi Industri dan Manufaktur

6. Transformasi Industri dan Manufaktur perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi robotika, computer vision, pemeliharaan prediktif, digital twin, kendali mutu, perencanaan produksi, dan rantai pasok. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa sensor dan AI mengurangi downtime serta cacat, sementara simulasi mempercepat desain dan efisiensi energi. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup otomasi prematur, impor sistem tertutup, keamanan operasional, pekerja tersisih, dan ketergantungan pemasok. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Pekerja produksi memerlukan pembelajaran di tempat kerja, sertifikasi modular, jalur mobilitas, dan pembagian hasil produktivitas. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain pusat teknologi industri, testbed, standardisasi, pembiayaan mesin, audit keamanan, insentif berbasis kinerja, dan pengembangan pemasok lokal. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana

keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup overall equipment effectiveness, cacat, downtime, energi, nilai tambah, kandungan lokal, upah, keselamatan, ekspor, dan adopsi pemasok. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda robotika, computer vision, pemeliharaan prediktif, digital twin, kendali mutu, perencanaan produksi, dan rantai pasok memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 6. transformasi industri dan manufaktur harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

7. UMKM dan Kewirausahaan Digital

7. UMKM dan Kewirausahaan Digital perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi pemasaran, pembukuan, desain, layanan pelanggan, manajemen persediaan, akses pasar, dan intelijen usaha. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa alat AI dapat menurunkan biaya profesional dan membantu usaha kecil bereksperimen, menerjemahkan, memprediksi permintaan, serta memenuhi standar. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup ketergantungan platform, biaya iklan, penipuan, literasi rendah, data tidak portabel, dan homogenisasi produk. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Dukungan harus menjangkau usaha informal, perempuan, penyandang disabilitas, wilayah tertinggal, dan pelaku dengan literasi dasar. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain pendampingan berbasis masalah, shared services, interoperabilitas pembayaran, identitas usaha, perlindungan pedagang, kredit produktif, dan koperasi digital. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup penjualan bersih, margin, produktivitas, kelangsungan usaha, diversifikasi pasar, biaya platform, formalisasi, serta kesenjangan gender dan wilayah. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda pemasaran, pembukuan, desain, layanan pelanggan, manajemen persediaan, akses pasar, dan intelijen usaha memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 7. umkm dan kewirausahaan digital harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

8. Pekerjaan, Otomasi, dan Augmentasi

8. Pekerjaan, Otomasi, dan Augmentasi perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi perubahan tugas, substitusi dan pelengkapan tenaga kerja, penciptaan pekerjaan, kualitas kerja, upah, dan hubungan industrial. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa AI mengganti tugas tertentu tetapi juga meningkatkan output, menurunkan harga, memperluas permintaan, dan menciptakan tugas serta profesi baru. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup pemutusan kerja, intensifikasi pemantauan, deskilling, bias perekrutan, kerja mikro tidak layak, dan ketidakpastian pendapatan. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Pekerja harus memiliki hak atas informasi, konsultasi, pelatihan, banding manusia, privasi, dan bagian wajar dari keuntungan produktivitas. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain observatorium pekerjaan, akun belajar, asuransi pengangguran, layanan penempatan, collective bargaining, audit algoritma, dan dukungan transisi wilayah. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus

memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup paparan tugas, perpindahan dan penciptaan kerja, waktu transisi, upah, jam kerja, kualitas kerja, partisipasi pelatihan, serta distribusi manfaat. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda perubahan tugas, substitusi dan pelengkapan tenaga kerja, penciptaan pekerjaan, kualitas kerja, upah, dan hubungan industrial memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 8. pekerjaan, otomasi, dan augmentasi harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

9. Pendidikan dan Pembelajaran Sepanjang Hayat

9. Pendidikan dan Pembelajaran Sepanjang Hayat perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi literasi AI, pedagogi, tutor adaptif, asesmen, integritas akademik,

pendidikan vokasi, dan reskilling. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa AI dapat memberi umpan balik dan personalisasi, tetapi guru tetap mengarahkan tujuan, konteks, relasi, dan penilaian profesional. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup ketergantungan alat, jawaban salah, plagiarisme, pengawasan berlebih, kesenjangan akses, dan erosi kemampuan dasar. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Sekolah miskin, guru daerah, bahasa lokal, peserta didik disabilitas, dan pembelajar dewasa memerlukan desain serta dukungan khusus. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain standar kompetensi, pelatihan guru, konektivitas sekolah, perangkat bersama, konten lokal, asesmen autentik, microcredential, dan evaluasi independen. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup hasil belajar, kemampuan berpikir, beban guru, akses, kesenjangan, kelulusan, penempatan kerja, penggunaan aman, dan biaya per hasil. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda literasi AI, pedagogi, tutor adaptif, asesmen, integritas akademik, pendidikan vokasi, dan reskilling memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 9. pendidikan dan pembelajaran sepanjang hayat harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

10. Riset, Inovasi, dan Ekosistem Talenta

10. Riset, Inovasi, dan Ekosistem Talenta perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi riset dasar dan terapan, model bahasa Indonesia, dataset, komputasi ilmiah, startup, paten, transfer teknologi, dan diaspora. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa infrastruktur bersama serta misi penelitian memungkinkan universitas, pemerintah, dan industri menciptakan pengetahuan yang relevan. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup brain drain, pendanaan episodik, duplikasi, publikasi tanpa pemanfaatan, dominasi vendor, dan kekurangan jalur karier. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Talenta daerah, perempuan, peneliti muda, politeknik, dan komunitas bahasa harus memiliki akses terhadap komputasi dan pendanaan. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain national research cloud, hibah kompetitif, challenge fund, fellowship, kemitraan universitas-industri, lisensi wajar, dan pengadaan inovatif. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup publikasi dan sitasi, dataset, model terbuka, paten bermutu, startup bertahan, transfer teknologi, talenta, kolaborasi, dan dampak sosial. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda riset dasar dan terapan, model bahasa Indonesia, dataset, komputasi ilmiah, startup, paten, transfer teknologi, dan diaspora memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 10. riset, inovasi, dan ekosistem talenta harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

11. Infrastruktur Digital, Cloud, dan Komputasi

11. Infrastruktur Digital, Cloud, dan Komputasi perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi broadband, 5G, satelit, pusat data, cloud, edge computing, GPU, energi, kabel laut, dan redundansi. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa konektivitas andal menurunkan biaya transaksi, sedangkan komputasi bersama memungkinkan riset dan adopsi tanpa investasi tetap yang besar. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup kesenjangan kualitas, titik kegagalan tunggal, biaya listrik, emisi, dominasi penyedia, gangguan kabel, dan kapasitas mengganggu. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Wilayah 3t, sekolah, puskesmas, usaha kecil, dan penyandang disabilitas memerlukan layanan bermutu, terjangkau, serta dapat digunakan. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain universal service berbasis kinerja, open access, internet exchange, cloud pemerintah hibrida, sovereign controls, efisiensi pusat data, dan portabilitas. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup cakupan bermutu, latensi, harga per pendapatan, uptime, kapasitas komputasi, utilisasi, energi dan air, kompetisi, serta ketahanan bencana. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki

hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda broadband, 5G, satelit, pusat data, cloud, edge computing, GPU, energi, kabel laut, dan redundansi memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 11. infrastruktur digital, cloud, dan komputasi harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

12. Tata Kelola Data dan Identitas Digital

12. Tata Kelola Data dan Identitas Digital perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi interoperabilitas, data referensi, identitas, consent, pertukaran data, kualitas, arsip, dan ruang data sektoral. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa standar dan identitas yang aman mengurangi duplikasi serta meningkatkan ketepatan layanan, riset, dan transaksi. Namun, manfaat mikro pada satu unit

tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup kebocoran, salah padan, surveillance, eksklusi administratif, data silo, dan keputusan berbasis data cacat. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Warga harus dapat mengakses, memperbaiki, memindahkan, membatasi, dan menggugat penggunaan data yang merugikan. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain data stewardship, katalog, API standar, privacy-enhancing technologies, audit akses, mekanisme pengaduan, dan sanksi efektif. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup kelengkapan dan akurasi, interoperabilitas, waktu layanan, insiden, penyelesaian koreksi, penggunaan ulang, privasi, dan kepercayaan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap

bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda interoperabilitas, data referensi, identitas, consent, pertukaran data, kualitas, arsip, dan ruang data sektoral memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 12. tata kelola data dan identitas digital harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

13. Platform, Persaingan, dan Kedaulatan Pasar

13. Platform, Persaingan, dan Kedaulatan Pasar perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi marketplace, mesin pencari, app store, media sosial, transportasi daring, efek jaringan, algoritma, dan ekosistem pembayaran. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa platform mengurangi biaya pencarian dan koordinasi, tetapi kendali gerbang dapat mengubah efisiensi menjadi rente dan menghambat inovasi. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup self-preferencing, tying, akuisisi predator, ketidaktransparanan peringkat, kerja platform rentan, dan ketergantungan pedagang. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Pedagang, kreator, pengemudi, konsumen, dan startup membutuhkan aturan yang dapat dipahami, akses data, serta mekanisme banding. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain digital market unit, interoperabilitas, data portability, transparansi iklan dan rekomendasi, merger review, serta aturan kerja platform. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup konsentrasi, multi-homing, biaya dan komisi, mobilitas pedagang, inovasi, keluhan, pendapatan pekerja, dan kualitas konsumen. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda marketplace, mesin pencari, app store, media sosial, transportasi daring, efek jaringan, algoritma, dan

ekosistem pembayaran memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 13. platform, persaingan, dan kedaulatan pasar harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

14. Keuangan Digital dan Inklusi

14. Keuangan Digital dan Inklusi perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi pembayaran, perbankan digital, fintech, open finance, credit scoring, asuransi, regtech, dan mata uang digital. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa data transaksi dan otomasi menurunkan biaya layanan serta memperluas akses, bila perlindungan konsumen dan kompetisi kuat. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup over-indebtedness, bias skor, fraud, dark patterns, kebocoran data, eksklusi, serta risiko sistemik baru. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Nasabah berpendapatan rendah, lansia, perempuan, usaha informal, dan wilayah terpencil perlu pilihan non-digital serta pemulihan yang efektif. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain open finance bertahap, e-KYC proporsional, responsible lending, fraud intelligence, sandbox berbasis risiko, literasi, dan resolusi sengketa. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup kepemilikan dan penggunaan aktif, biaya, kredit produktif, tunggakan, fraud, pemulihan dana, bias, ketahanan sistem, dan kepuasan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda pembayaran, perbankan digital, fintech, open finance, credit scoring, asuransi, regtech, dan mata uang digital memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya

kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 14. keuangan digital dan inklusi harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

15. Kesehatan Digital dan AI Klinis

15. Kesehatan Digital dan AI Klinis perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi rekam medis, triase, pencitraan, keputusan klinis, surveilans, penemuan obat, administrasi, dan telemedisin. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa AI dapat membantu tenaga kesehatan memprioritaskan kasus, mendeteksi pola, mengurangi beban administrasi, dan memperluas konsultasi. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup diagnosis salah, bias populasi, privasi, otomasi tanpa validasi, fragmentasi sistem, dan ketergantungan vendor. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Puskesmas, daerah terpencil, pasien miskin, bahasa lokal, perempuan, dan penyandang disabilitas harus masuk validasi serta desain. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain interoperabilitas rekam medis, uji klinis lokal, registri perangkat AI, human oversight, cybersecurity, reimbursement, dan post-market monitoring. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup sensitivitas dan spesifisitas, keselamatan, waktu layanan, akses, beban tenaga, biaya, kesenjangan hasil, insiden, dan kepercayaan pasien. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda rekam medis, triase, pencitraan, keputusan klinis, surveilans, penemuan obat, administrasi, dan telemedisin memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi

menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 15. kesehatan digital dan ai klinis harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

16. Pertanian, Perikanan, dan Sistem Pangan

16. Pertanian, Perikanan, dan Sistem Pangan perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi prakiraan cuaca, penginderaan jauh, diagnosis hama, precision farming, ketertelusuran, harga, penyuluhan, dan logistik dingin. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa informasi tepat waktu mengurangi kehilangan dan input, sementara prediksi serta koordinasi pasar meningkatkan hasil dan pendapatan. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup data lahan lemah, rekomendasi tidak kontekstual, biaya perangkat, kepemilikan data, ketergantungan aplikasi, dan kesenjangan petani. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Petani kecil, nelayan, perempuan, penyuluh, pulau kecil, dan komunitas adat harus memiliki akses, kontrol data, serta dukungan manusia. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal

perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain open geospatial data, layanan advisori publik, sensor bersama, koperasi data, riset lokal, perlindungan data petani, dan konektivitas. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup hasil, pendapatan, biaya input, kehilangan, akurasi rekomendasi, adopsi, air dan emisi, harga produsen, serta kesenjangan wilayah. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda prakiraan cuaca, penginderaan jauh, diagnosis hama, precision farming, ketertelusuran, harga, penyuluhan, dan logistik dingin memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 16. pertanian, perikanan, dan sistem pangan harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

17. Logistik, Perdagangan, dan Rantai Pasok

17. Logistik, Perdagangan, dan Rantai Pasok perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi peramalan permintaan, optimasi rute, pelabuhan, gudang, bea cukai, ketertelusuran, dan manajemen risiko. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa visibilitas dan prediksi mengurangi inventori, waktu tunggu, perjalanan kosong, serta gangguan rantai pasok. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup black-box allocation, cyberattack, eksklusif pemasok kecil, pengawasan pekerja, dan optimasi sempit yang rapuh. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Umkm, produsen daerah, pekerja gudang, pengemudi, dan kawasan timur perlu akses sistem dan pembagian efisiensi. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain national logistics data space, single window, standar traceability, audit algoritma, data sharing, dan redundansi. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup biaya logistik, lead time, ketepatan, inventori, emisi, gangguan, partisipasi UMKM, keselamatan, dan kualitas layanan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda peramalan permintaan, optimasi rute, pelabuhan, gudang, bea cukai, ketertelusuran, dan manajemen risiko memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 17. logistik, perdagangan, dan rantai pasok harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka

kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

18. Pemerintahan Digital dan Pelayanan Publik

18. Pemerintahan Digital dan Pelayanan Publik perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi layanan terpadu, bantuan sosial, pajak, perizinan, pengadaan, perencanaan, pengawasan, dan partisipasi warga. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa integrasi proses mengurangi beban warga dan kebocoran, sedangkan analitik membantu alokasi sumber daya bila dapat diuji. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup digitalisasi birokrasi lama, keputusan tak dapat dijelaskan, surveillance, vendor lock-in, data salah, dan eksklusif kanal. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Warga tanpa perangkat, literasi, dokumen, atau konektivitas tetap berhak atas layanan, bantuan, koreksi, dan kanal manusia. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain service design, once-only principle, arsitektur SPBE, open standards, algorithm register, impact assessment, ombudsman digital, dan evaluasi. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan,

kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup waktu dan biaya warga, penyelesaian, akurasi sasaran, keluhan, koreksi, akses kelompok rentan, penghematan, dan kepercayaan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda layanan terpadu, bantuan sosial, pajak, perizinan, pengadaan, perencanaan, pengawasan, dan partisipasi warga memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 18. pemerintahan digital dan pelayanan publik harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

19. Keamanan Siber dan Ketahanan Nasional

19. Keamanan Siber dan Ketahanan Nasional perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi keamanan jaringan, identitas, supply chain software, model AI, deepfake, kriptografi, respons insiden, dan kontinuitas. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa keamanan sejak desain dan redundansi mengurangi probabilitas serta dampak, sementara AI membantu deteksi tetapi juga memperluas kemampuan penyerang. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup ransomware, manipulasi informasi, pencurian model, data poisoning, serangan infrastruktur kritis, serta ketergantungan tunggal. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Korban harus memperoleh bantuan dan pemulihan; organisasi kecil memerlukan shared security services dan standar proporsional. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain zero trust, secure-by-design procurement, SBOM, red teaming, latihan nasional, CERT sektoral, pelaporan insiden, dan literasi publik. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana

keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup insiden dan severity, waktu deteksi dan pemulihan, patching, latihan, kepatuhan pemasok, kerugian, kontinuitas, dan pembelajaran. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda keamanan jaringan, identitas, supply chain software, model AI, deepfake, kriptografi, respons insiden, dan kontinuitas memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 19. keamanan siber dan ketahanan nasional harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

20. Etika, Bias, dan Akuntabilitas Algoritmik

20. Etika, Bias, dan Akuntabilitas Algoritmik perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi keadilan, transparansi, explicability, keselamatan, privasi, tanggung jawab, hak cipta, dan pengawasan manusia. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa tata kelola berbasis risiko menempatkan kewajiban lebih besar pada penggunaan yang berdampak tinggi dan menjaga ruang inovasi berisiko rendah. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup diskriminasi, halusinasi, manipulasi, opacity, diffusion of responsibility, pelanggaran hak, dan normalisasi keputusan mesin. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Kelompok terdampak harus berpartisipasi, memperoleh penjelasan bermakna, jalur banding, pemulihan, dan opsi manusia. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain AI impact assessment, model cards, data sheets, audit independen, registri, incident reporting, human-in-command, dan sanksi. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus

memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup disparitas galat, insiden, banding, waktu pemulihan, audit, dokumentasi, kepatuhan, kepuasan kelompok, serta proporsionalitas. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda keadilan, transparansi, explicability, keselamatan, privasi, tanggung jawab, hak cipta, dan pengawasan manusia memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 20. etika, bias, dan akuntabilitas algoritmik harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

21. Inklusi Digital dan Ketimpangan

21. Inklusi Digital dan Ketimpangan perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi akses, keterjangkauan, kemampuan, relevansi konten, bahasa, gender,

disabilitas, wilayah, dan kelas sosial. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa desain universal, akses publik, teknologi bantu, konten lokal, serta dukungan tatap muka mengubah konektivitas menjadi kapabilitas. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup kesenjangan kumulatif, layanan digital-only, stereotip data, eksploitasi pekerja, dan konsentrasi manfaat. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Kebijakan harus mendahulukan kelompok dengan hambatan berlapis dan mengukur hasil terpilah, bukan hanya rata-rata nasional. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain public access points, subsidi terarah, perangkat terjangkau, accessibility standard, literasi kritis, kanal alternatif, dan co-design. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup kualitas akses, keterjangkauan, penggunaan bermakna, hasil ekonomi, aksesibilitas, kesenjangan terpilah, keluhan, dan kepercayaan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak

cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda akses, keterjangkauan, kemampuan, relevansi konten, bahasa, gender, disabilitas, wilayah, dan kelas sosial memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 21. inklusi digital dan ketimpangan harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

22. Kedaulatan Teknologi dan Geopolitik

22. Kedaulatan Teknologi dan Geopolitik perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi semikonduktor, cloud, model fondasi, standar, kabel laut, perdagangan digital, data lintas batas, dan diplomasi teknologi. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang

sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa diversifikasi pemasok, kemampuan teknis domestik, standar terbuka, dan aliansi meningkatkan ruang kebijakan tanpa autarki. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup fragmentasi, embargo, espionage, dependency, perlombaan subsidi, transfer data tanpa perlindungan, dan standar yang ditentukan pihak lain. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Kedaulatan harus melindungi warga dan kapasitas bangsa, bukan menjadi alasan proteksionisme rente atau kontrol informasi. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain technology risk map, strategic procurement, mutual recognition, trusted data flows, riset bersama, diplomasi standar, dan cadangan kritis. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup konsentrasi pemasok, switching cost, kapabilitas audit, kontinuitas, nilai lokal, partisipasi standar, investasi, serta ketahanan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda semikonduktor, cloud, model fondasi, standar, kabel laut, perdagangan digital, data lintas batas, dan diplomasi teknologi memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, kedaulatan teknologi dan geopolitik harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

23. AI Hijau dan Keberlanjutan

23. AI Hijau dan Keberlanjutan perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi energi dan air pusat data, efisiensi model, perangkat keras, pendinginan, siklus hidup perangkat, dan AI untuk iklim. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa model yang tepat guna, komputasi efisien, energi bersih, pemanfaatan panas, dan penjadwalan beban menurunkan jejak sistem. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup emisi, konsumsi air, e-waste, rebound effect, lokasi sensitif, klaim hijau tanpa baseline, dan beban jaringan. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Komunitas sekitar pusat data harus memperoleh informasi, perlindungan air, pekerjaan bermutu, dan manfaat infrastruktur. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain pelaporan energi-air-karbon, standar efisiensi, life-cycle assessment, renewable matching, circular procurement, dan zoning. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup energi per tugas, emisi, air, PUE, umur perangkat, limbah elektronik, pemulihan material, beban puncak, dan manfaat lokal. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda energi dan air pusat data, efisiensi model, perangkat keras, pendinginan, siklus hidup perangkat, dan AI untuk iklim memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 23. ai hijau dan keberlanjutan harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

24. Regulasi dan Arsitektur Kelembagaan

24. Regulasi dan Arsitektur Kelembagaan perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi hukum berbasis risiko, standar teknis, regulator sektoral, perlindungan data, persaingan, konsumen, tenaga kerja, dan koordinasi. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa prinsip horizontal memberi konsistensi sementara aturan sektoral menangkap konteks; sandbox dan evaluasi memungkinkan pembelajaran. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba,

penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup aturan tumpang tindih, kekosongan tanggung jawab, regulatory capture, kepastian semu, checklist compliance, dan kapasitas pengawas lemah. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Masyarakat sipil, pekerja, akademisi, daerah, umkm, dan kelompok rentan harus terwakili dalam penyusunan serta pengawasan. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain dewan koordinasi, AI office, regulator sektoral, standar wajib untuk risiko tinggi, sandbox, public register, procurement rules, dan judicial remedy. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup cakupan risiko, kepastian, waktu respons, insiden, penegakan, partisipasi, biaya kepatuhan, inovasi, dan kepercayaan. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda hukum berbasis risiko, standar teknis, regulator sektoral, perlindungan data, persaingan, konsumen, tenaga kerja, dan koordinasi memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 24. regulasi dan arsitektur kelembagaan harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Analisis fiskal harus memakai biaya kepemilikan total: lisensi, cloud, integrasi, kurasi data, keamanan, pelatihan, verifikasi, pemeliharaan, migrasi, dan penghentian. Perhitungan tersebut mencegah pilot murah berubah menjadi komitmen jangka panjang yang tidak terkendali.

25. Peta Jalan 2026–2045

25. Peta Jalan 2026–2045 perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi urutan reformasi, quick wins, fondasi, misi sektoral, investasi, talenta, regulasi, dan pembelajaran nasional. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa tahapan yang jelas menghubungkan fondasi data dan infrastruktur dengan misi produktivitas, layanan, inovasi, serta kedaulatan. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup proyek terfragmentasi, target teknologi tanpa masalah, pilot permanen, perubahan kebijakan, anggaran tidak sinkron, dan ketergantungan donor. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Setiap tahap harus memiliki sasaran distribusi, dukungan transisi, partisipasi daerah, dan perlindungan hak. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain 2026–2029 fondasi dan guardrails; 2030–2034 difusi dan skala; 2035–2039 inovasi domestik; 2040–2045 kepemimpinan tepercaya. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup baseline, milestone, adopsi bermutu, produktivitas, pekerjaan, layanan, kesenjangan, kapabilitas domestik, insiden, dan legitimasi. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda urutan reformasi, quick wins, fondasi, misi sektoral, investasi, talenta, regulasi, dan pembelajaran nasional

memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 25. peta jalan 2026–2045 harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Kepercayaan merupakan aset ekonomi. Sistem yang tidak aman atau tidak adil menurunkan adopsi, memicu sengketa, dan menambah biaya pengawasan. Transparansi yang dapat digunakan—bukan sekadar dokumen teknis—membantu warga dan pekerja memahami batas, hak, serta jalur koreksi.

26. Pengukuran, Evaluasi, dan Akuntabilitas

26. Pengukuran, Evaluasi, dan Akuntabilitas perlu dibaca sebagai persoalan pembangunan, bukan lomba membeli perangkat. Fokusnya meliputi teori perubahan, baseline, indikator input-output-outcome, eksperimen, evaluasi kausal, audit, dan pembelajaran publik. Teknologi hanya bernilai bila mengubah kemampuan organisasi dan manusia untuk menghasilkan keluaran yang lebih bermutu, murah, aman, serta dapat dipercaya.

Titik awalnya adalah diagnosis proses. Banyak organisasi mengotomasi langkah yang sebenarnya tidak perlu, mempertahankan data silo, atau menambahkan AI pada layanan yang tujuannya tidak jelas. Urutan yang sehat ialah memahami masalah, menyederhanakan proses, memperbaiki data, menetapkan tanggung jawab, kemudian memilih teknologi yang proporsional.

Secara ekonomi, mekanisme utamanya ialah bahwa pengukuran menghubungkan investasi dengan hasil serta memungkinkan penghentian, koreksi, atau perluasan berdasarkan bukti. Namun, manfaat mikro pada satu unit tidak selalu menjadi manfaat makro. Penghematan dapat berubah menjadi laba, penurunan harga, kenaikan upah, perluasan output, atau pengurangan tenaga kerja. Struktur pasar dan institusi menentukan pembagiannya.

Risiko yang harus diantisipasi mencakup vanity metrics, attribution berlebihan, seleksi kasus sukses, data vendor tertutup, dan evaluasi setelah keputusan terkunci. Risiko bukan alasan untuk menolak teknologi, tetapi

alasan membedakan penggunaan rendah dan tinggi dampak, membangun pengamanan sejak desain, serta memastikan pihak yang menimbulkan atau mengendalikan risiko memikul tanggung jawab.

Perspektif tugas membantu menghindari ramalan yang terlalu sederhana. AI jarang mengambil seluruh profesi sekaligus. Ia mengubah komposisi pekerjaan: sebagian tugas dipercepat, sebagian distandardisasi, sebagian memerlukan verifikasi baru. Organisasi yang hanya mengejar pengurangan biaya cenderung memperoleh hasil berbeda dari organisasi yang memperbesar kapabilitas pekerja.

Dimensi inklusi sangat menentukan. Hasil harus dipilah menurut wilayah, gender, pendapatan, disabilitas, pendidikan, pekerjaan, dan ukuran usaha. Tanpa intervensi, keuntungan akan mengalir kepada pihak yang telah memiliki data, modal, jaringan, dan keterampilan. Kebijakan universal perlu dipadukan dengan dukungan terarah agar kesenjangan awal tidak menjadi kesenjangan digital permanen.

Pilihan kebijakan yang relevan antara lain dashboard publik, independent evaluation, randomized atau quasi-experimental design, audit distribusi, sunset clause, dan open evidence. Instrumen tersebut harus bekerja sebagai portofolio. Insentif tanpa standar dapat membiayai adopsi yang dangkal; standar tanpa dukungan dapat membebani pelaku kecil; pelatihan tanpa permintaan kerja dapat menghasilkan sertifikat tanpa mobilitas.

Tata kelola sebaiknya menggunakan pendekatan berbasis risiko dan siklus hidup. Sebelum penggunaan, organisasi menilai tujuan, legalitas, data, kelompok terdampak, alternatif, dan risiko. Selama penggunaan, kinerja, keamanan, bias, keluhan, dan perubahan konteks dipantau. Setelah insiden, tersedia penghentian, pemulihan, investigasi, serta pembelajaran.

Pengadaan publik dapat membentuk pasar. Kontrak perlu menegaskan kepemilikan dan portabilitas data, hak audit, dokumentasi model, standar keamanan, tingkat layanan, pengendalian subkontraktor, rencana keluar, dan tanggung jawab insiden. Harga awal murah dapat mahal ketika switching cost serta ketergantungan tidak dihitung.

Kapabilitas manusia tetap pusat transformasi. Pemimpin harus memahami batas AI; profesional domain harus terlibat sejak awal; pekerja perlu hak dan keterampilan untuk memeriksa keluaran; ahli data harus memahami konteks serta etika. Tim lintas disiplin lebih mampu melihat kegagalan daripada unit teknologi yang bekerja sendiri.

Pengukuran sebaiknya mencakup produktivitas dan mutu, biaya total, tambahan hasil, distribusi, risiko, insiden, kepuasan, kapasitas, serta nilai publik. Jumlah aplikasi, pengguna, atau model tidak cukup. Evaluasi harus membandingkan dengan baseline, memasukkan biaya integrasi dan pengawasan, serta memeriksa siapa yang memperoleh manfaat dan siapa yang menanggung risiko.

Indonesia juga perlu ruang eksperimen yang aman. Sandbox, testbed, regulatory pilot, dan living lab dapat mempertemukan regulator, pengguna, peneliti, perusahaan, dan komunitas. Eksperimen harus memiliki hipotesis, kriteria keberhasilan, batas waktu, perlindungan peserta, serta mekanisme untuk menghentikan solusi yang gagal.

Sudut pandang ekonomi politik menanyakan siapa yang menguasai aset pelengkap: data, komputasi, kanal distribusi, merek, modal, dan hubungan regulasi. Pelaku yang menguasai aset tersebut dapat menangkap bagian terbesar dari nilai meskipun inovasi dikembangkan oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, agenda teori perubahan, baseline, indikator input-output-outcome, eksperimen, evaluasi kausal, audit, dan pembelajaran publik memerlukan persaingan yang efektif, akses infrastruktur yang adil, kontrak seimbang, serta kemampuan publik menegosiasikan kepentingannya.

Skala juga harus dipahami secara hati-hati. Solusi yang berhasil pada seratus pengguna belum tentu andal pada jutaan warga, beragam bahasa, kondisi jaringan yang berubah, dan konsekuensi hukum yang nyata. Sebelum perluasan, bukti teknis perlu dilengkapi uji organisasi, keamanan, aksesibilitas, beban kerja, biaya kepemilikan total, serta kesiapan mekanisme pengaduan. Skala yang baik memperluas manfaat tanpa memperbesar kerentanan secara tidak terkendali.

Peran pemerintah pusat ialah membangun standar, infrastruktur bersama, pembiayaan, dan mekanisme akuntabilitas. Pemerintah daerah menerjemahkan kebijakan sesuai kebutuhan tempat. Perguruan tinggi menyumbang riset dan evaluasi; industri membangun solusi; serikat pekerja dan masyarakat sipil membawa pengalaman kelompok terdampak.

Dalam jangka panjang, keunggulan tidak berasal dari satu model yang segera usang, melainkan kemampuan kolektif untuk belajar, menggabungkan teknologi dengan pengetahuan domain, mengelola risiko, dan menyebarkan manfaat. Kapabilitas tersebut lebih tahan terhadap perubahan vendor maupun gelombang inovasi berikutnya.

Dengan demikian, 26. pengukuran, evaluasi, dan akuntabilitas harus ditempatkan dalam kontrak sosial digital: teknologi memperoleh legitimasi karena meningkatkan nilai publik, menghormati hak, membuka kesempatan, serta dapat dipertanggungjawabkan. Efisiensi tanpa legitimasi rapuh; perlindungan tanpa kemampuan implementasi juga tidak memadai.

Dimensi wilayah perlu mendapat perhatian khusus. Solusi yang cocok bagi pusat metropolitan belum tentu bekerja di kabupaten kepulauan atau daerah dengan listrik dan konektivitas terbatas. Arsitektur modular, penggunaan luring, bahasa lokal, layanan bersama, dan dukungan teknis regional dapat menurunkan kesenjangan kapasitas.

27. Agenda Strategis Nasional

Indonesia memerlukan strategi yang menggabungkan empat lapis. Lapis pertama adalah fondasi: listrik, konektivitas, cloud, komputasi, identitas, data, keamanan, dan standar. Lapis kedua adalah kapabilitas: pendidikan, riset, manajemen, profesi, regulator, dan organisasi pekerja. Lapis ketiga adalah misi: produktivitas UMKM, industri cerdas, layanan kesehatan dan pendidikan, pangan, logistik, transisi hijau, serta pemerintahan. Lapis keempat adalah guardrails: hak, etika, persaingan, perlindungan konsumen, ketenagakerjaan, audit, dan pemulihan.

Strategi perlu memilih masalah nasional yang cukup penting untuk memobilisasi ekosistem, tetapi cukup terukur untuk dievaluasi. Misi dapat berupa penurunan kehilangan hasil pertanian, percepatan diagnosis, peningkatan kemampuan membaca, pengurangan waktu logistik, atau peningkatan produktivitas pemasok industri. Target berupa jumlah aplikasi tidak menjamin dampak.

Kapasitas negara menjadi variabel kunci. Pemerintah memerlukan ahli teknis yang mampu menjadi intelligent buyer, auditor, perancang kebijakan, dan pengelola layanan. Gaji bukan satu-satunya instrumen; jalur karier, komunitas profesi, fellowship, pertukaran talenta, laboratorium kebijakan, dan kemitraan universitas dapat memperkuat kapasitas.

Pembiayaan harus bersifat sabar dan disiplin. Investasi fondasi sering memberi manfaat lintas sektor yang sulit ditangkap satu proyek. Negara dapat membiayai barang publik dan menyerap risiko awal, tetapi dukungan kepada perusahaan perlu bersyarat pada tambahan investasi, pembelajaran, standar terbuka, kinerja, dan penyebaran manfaat.

28. Dua Belas Prinsip Masa Depan Digital Indonesia

Pertama, manusia adalah tujuan dan penanggung jawab akhir. Kedua, masalah pembangunan didahulukan daripada pilihan teknologi. Ketiga, kualitas data lebih penting daripada kuantitas tanpa konteks. Keempat, AI harus melengkapi kemampuan manusia bila hal itu memberi hasil sosial lebih baik.

Kelima, manfaat produktivitas perlu disebarakan melalui upah, harga, layanan, persaingan, dan kesempatan. Keenam, akses bermakna mencakup perangkat, kemampuan, bahasa, relevansi, dan keselamatan. Ketujuh, risiko tinggi menuntut bukti, audit, pengawasan manusia, dan pemulihan yang lebih kuat. Kedelapan, interoperabilitas serta portabilitas mengurangi ketergantungan.

Kesembilan, keamanan dan privasi dibangun sejak desain. Kesepuluh, kedaulatan berarti kapasitas memilih dan mengendalikan sistem kritis, bukan menutup diri. Kesebelas, pengukuran harus memeriksa hasil, distribusi, dan risiko. Kedua belas, kebijakan harus belajar melalui eksperimen, evaluasi, keterbukaan, dan koreksi.

Prinsip tersebut menghindarkan Indonesia dari dua ekstrem: optimisme teknologi yang menganggap inovasi otomatis adil, dan pesimisme yang menganggap semua otomatisasi merusak. Pendekatan yang diperlukan adalah optimisme institusional—keyakinan bahwa manfaat dapat dibangun melalui kapasitas, aturan, partisipasi, serta keberanian memperbaiki kesalahan.

29. Kesimpulan

AI dan digitalisasi dapat menjadi mesin baru ekonomi Indonesia, tetapi mesin memerlukan arah, bahan bakar, pengemudi, rem, jalan, dan aturan. Tanpa fondasi tersebut, kecepatan justru memperbesar kesenjangan dan risiko. Dengan fondasi yang tepat, teknologi dapat membantu Indonesia meningkatkan produktivitas, memperluas pengetahuan, memperbaiki layanan, serta menciptakan bentuk pekerjaan dan usaha baru.

Pilihan paling penting bukan antara menerima atau menolak AI. Pilihannya adalah antara adopsi dangkal yang bergantung dan transformasi yang membangun kapabilitas. Indonesia harus menggunakan solusi global secara cerdas sambil menguasai data, integrasi, audit, talenta, riset, dan keputusan pada sistem yang kritis. Keterbukaan dan kedaulatan dapat berjalan bersama jika ketergantungan dipetakan serta pilihan dipelihara.

Masa depan pekerjaan tidak ditentukan oleh kemampuan mesin saja. Ia ditentukan oleh cara perusahaan mendesain kerja, cara pendidikan membangun kemampuan, cara pasar membagi keuntungan, dan cara negara melindungi serta memberdayakan warga. Agenda reskilling perlu berjalan bersama penciptaan permintaan, mobilitas, perlindungan sosial, dan dialog pekerja.

Pada akhirnya, keberhasilan transformasi digital adalah keberhasilan pembangunan manusia. Ukurannya ialah apakah warga lebih mampu belajar, bekerja, berusaha, sehat, aman, dan berpartisipasi; apakah perusahaan lebih produktif dan inovatif; apakah negara lebih tepercaya; serta apakah manfaat tersebar antarkelompok dan wilayah. Indonesia dapat membentuk masa depan tersebut apabila teknologi ditempatkan dalam kerangka kepentingan publik, demokrasi, dan tanggung jawab antargenerasi.

30. Catatan Integratif

Produktivitas dan distribusi

Kenaikan output tidak otomatis menjadi kenaikan kesejahteraan. Kebijakan persaingan, ketenagakerjaan, pajak, pendidikan, dan layanan publik menentukan apakah surplus teknologi tersebar. Implikasinya ialah setiap program harus menjelaskan teori perubahan, pihak yang memperoleh manfaat, pihak yang menanggung biaya, risiko kegagalan, mekanisme koreksi, dan bukti yang akan digunakan untuk menentukan kelanjutan. Disiplin ini menjadikan transformasi digital sebagai proses pembangunan, bukan katalog proyek.

Kepercayaan dan legitimasi

AI beroperasi dalam relasi sosial. Kejelasan tujuan, bukti kinerja, keamanan, partisipasi, hak banding, dan pemulihan mengubah kepercayaan dari slogan menjadi aset kelembagaan. Implikasinya ialah setiap program harus menjelaskan teori perubahan, pihak yang memperoleh manfaat, pihak yang menanggung biaya, risiko kegagalan, mekanisme koreksi, dan bukti yang akan digunakan untuk menentukan kelanjutan. Disiplin ini menjadikan transformasi digital sebagai proses pembangunan, bukan katalog proyek.

Pembelajaran organisasi

Teknologi tidak menggantikan kebutuhan akan manajemen. Organisasi perlu kemampuan bereksperimen, mendokumentasikan, melatih, memeriksa, dan menghentikan sistem yang tidak memberi nilai. Implikasinya ialah setiap program harus menjelaskan teori perubahan, pihak yang memperoleh manfaat, pihak yang menanggung biaya, risiko kegagalan, mekanisme koreksi, dan bukti yang akan digunakan untuk menentukan kelanjutan. Disiplin ini menjadikan transformasi digital sebagai proses pembangunan, bukan katalog proyek.

Kebijakan berbasis tempat

Konektivitas, sektor unggulan, bahasa, institusi, dan risiko berbeda antardaerah. Standar nasional perlu dikombinasikan dengan dukungan kapasitas dan desain lokal. Implikasinya ialah setiap program harus menjelaskan teori perubahan, pihak yang memperoleh manfaat, pihak yang menanggung biaya, risiko kegagalan, mekanisme koreksi, dan bukti yang akan digunakan untuk menentukan kelanjutan. Disiplin ini menjadikan transformasi digital sebagai proses pembangunan, bukan katalog proyek.

Tanggung jawab antargenerasi

Keputusan hari ini membentuk konsentrasi pasar, infrastruktur, keterampilan, norma privasi, dan konsumsi energi selama puluhan tahun. Fleksibilitas dan opsi masa depan harus dijaga. Implikasinya ialah setiap program harus menjelaskan teori perubahan, pihak yang memperoleh manfaat, pihak yang menanggung biaya, risiko kegagalan, mekanisme koreksi, dan bukti yang akan digunakan untuk menentukan kelanjutan. Disiplin ini menjadikan transformasi digital sebagai proses pembangunan, bukan katalog proyek.

Diplomasi teknologi

Indonesia perlu aktif membentuk standar, aliran data tepercaya, kerja sama riset, keamanan, perpajakan digital, dan tata kelola AI global, bukan sekadar menerima aturan. Implikasinya ialah setiap program harus menjelaskan teori perubahan, pihak yang memperoleh manfaat, pihak yang menanggung biaya, risiko

kegagalan, mekanisme koreksi, dan bukti yang akan digunakan untuk menentukan kelanjutan. Disiplin ini menjadikan transformasi digital sebagai proses pembangunan, bukan katalog proyek.

Glossarium

AI generatif. Sistem AI yang menghasilkan konten baru seperti teks, gambar, audio, video, atau kode berdasarkan pola data.

Algoritma. Serangkaian aturan atau prosedur komputasional untuk menyelesaikan tugas.

Algorithmic impact assessment. Penilaian sistematis atas tujuan, manfaat, hak, risiko, dan kelompok terdampak suatu sistem algoritmik.

Application programming interface (API). Antarmuka terstandar yang memungkinkan sistem perangkat lunak bertukar data atau fungsi.

Augmentasi. Penggunaan teknologi untuk meningkatkan kemampuan manusia, bukan semata menggantikannya.

Bias algoritmik. Pola galat atau perlakuan tidak adil yang berasal dari data, desain, tujuan, atau konteks penggunaan.

Cloud computing. Penyediaan komputasi, penyimpanan, dan aplikasi melalui jaringan sesuai kebutuhan.

Computer vision. Teknik AI untuk menafsirkan gambar dan video.

Data governance. Aturan, peran, standar, dan proses untuk mengelola kualitas, akses, keamanan, serta penggunaan data.

Data portability. Kemampuan pengguna memindahkan data secara aman dan dapat digunakan ke penyedia lain.

Digital divide. Kesenjangan akses, keterjangkauan, kemampuan, penggunaan bermakna, dan hasil dari teknologi digital.

Digital public infrastructure. Sistem digital bersama seperti identitas, pembayaran, dan pertukaran data yang menopang layanan publik dan privat.

Digital twin. Representasi digital dinamis dari objek atau proses fisik.

Explainability. Kemampuan memberi alasan atau informasi yang bermakna tentang cara sistem menghasilkan keluaran.

Foundation model. Model berskala besar yang dilatih pada data luas dan dapat diadaptasi untuk banyak tugas.

Hallucination. Keluaran AI generatif yang tampak meyakinkan tetapi tidak didukung fakta atau sumber.

Human-in-command. Prinsip bahwa manusia atau institusi yang sah tetap memegang keputusan dan tanggung jawab akhir.

Interoperabilitas. Kemampuan berbagai sistem bekerja serta bertukar data secara konsisten.

Kecerdasan artifisial. Sistem komputasional yang melakukan tugas seperti prediksi, klasifikasi, rekomendasi, pengenalan, atau generasi.

Literasi AI. Kemampuan memahami, menggunakan, memeriksa, dan menilai dampak AI secara kritis.

Machine learning. Metode yang memungkinkan sistem mempelajari pola dari data untuk menghasilkan prediksi atau keputusan.

Model card. Dokumentasi tujuan, data, kinerja, batas, risiko, dan penggunaan yang sesuai bagi suatu model.

Natural language processing. Teknik komputasi untuk menganalisis dan menghasilkan bahasa manusia.

Open standard. Standar yang terdokumentasi dan dapat diterapkan lintas penyedia tanpa hambatan yang tidak wajar.

Privacy-enhancing technologies. Teknik yang memungkinkan analisis atau pertukaran data dengan mengurangi paparan informasi pribadi.

Red teaming. Pengujian adversarial untuk menemukan kerentanan, penyalahgunaan, atau kegagalan sistem.

Regulatory sandbox. Ruang uji terbatas dengan pengawasan regulator untuk mempelajari inovasi dan risikonya.

Reskilling. Pembelajaran keterampilan baru agar seseorang dapat menjalankan peran atau pekerjaan yang berbeda.

Sistem berisiko tinggi. Penggunaan AI yang dapat berdampak besar pada keselamatan, hak, penghidupan, atau akses layanan.

Vendor lock-in. Ketergantungan yang membuat perpindahan penyedia sangat mahal atau sulit.

Daftar Pustaka

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). Artificial intelligence, automation and work. In A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Eds.), *The economics of artificial intelligence*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226613475.003.0008>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323–351. <https://doi.org/10.2307/2951599>
- Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. (2025). Transformasi digital dan penguatan ketenagakerjaan untuk Indonesia Emas 2045. <https://bappenas.go.id/id/berita/bappenas-dorong-transformasi-digital-dan-penguatan-ketenagakerjaan-untuk-indonesia-emas-2045-Fn9Gx>
- Bloom, N., Sadun, R., & Van Reenen, J. (2012). Americans do IT better. *American Economic Review*, 102(1), 167–201. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.167>
- Brynjolfsson, E., Li, D., & Raymond, L. R. (2025). Generative AI at work. *Quarterly Journal of Economics*, 140(2), 889–942. <https://doi.org/10.1093/qje/qjae044>
- Cockburn, I. M., Henderson, R., & Stern, S. (2019). The impact of artificial intelligence on innovation. In *The economics of artificial intelligence*. University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226613475.003.0004>
- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., et al. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society. *Minds and Machines*, 28, 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Gmyrek, P., Berg, J., & Bescond, D. (2023). Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality. ILO Working Paper 96. <https://doi.org/10.54394/FHEM8239>
- Gmyrek, P., Berg, J., Kamiński, K., et al. (2025). Generative AI and jobs: A 2025 update. International Labour Organization. <https://doi.org/10.54394/QFBQ1907>
- Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*, 1, 389–399. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803–815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
- Nambisan, S. (2017). Digital entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 41(6), 1029–1055. <https://doi.org/10.1111/etap.12254>
- Raji, I. D., Smart, A., White, R. N., et al. (2020). Closing the AI accountability gap. *Proceedings of FAT* 2020*, 33–44. <https://doi.org/10.1145/3351095.3372873>
- Shneiderman, B. (2020). Human-centered artificial intelligence. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(6), 495–504. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1741118>
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. *Proceedings of ACL 2019*, 3645–3650. <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1355>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., et al. (2021). Digital transformation. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

World Bank. (2025). *Future jobs: Robots, artificial intelligence, and digital platforms in East Asia and Pacific*. World Bank.

World Bank. (2025). *Digital progress and trends report 2025: Strengthening AI foundations*. World Bank.

UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. UNESCO.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *Recommendation of the Council on artificial intelligence*. OECD.