

Desain Masa Depan dengan AI, IoT, dan Otomasi

Oleh: Rudy C Tarumingkeng





Oleh:

[Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD](#)

Professor of Management NUP: 9903252922

Professor Emeritus, IPB-University

Rektor, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988, dan

Rektor, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari

Coordinator, CIDA/DIKTI SFU Burnaby BC Canada 1988-1991

Rektor, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta (1991-2000)

Chairman. Board of Professors, IPB-University, Bogor (2005-2006)

AI - Data Analyst, dan Chairman, Academic Senate, IBM-ASMI, Jakarta 2024-

© RudyCT Academic Series

rudyct75@gmail.com

22 March 2026

DESAIN MASA DEPAN DENGAN AI, IOT, DAN OTOMASI

Abstrak

Makalah ini membahas bagaimana kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), Internet of Things (IoT), dan otomasi menjadi fondasi utama dalam merancang masa depan organisasi, industri, layanan publik, dan pembangunan nasional. Argumen pokoknya adalah bahwa ketiga teknologi tersebut tidak bekerja secara terpisah, melainkan saling menguatkan: IoT menyediakan data real time dari dunia fisik, AI mengolah data itu menjadi pengetahuan dan prediksi, sedangkan otomasi menerjemahkannya ke dalam tindakan yang cepat, konsisten, dan terukur. Perkembangan global menunjukkan bahwa transformasi ini telah menjadi arus utama. Laporan World Economic Forum menempatkan AI, pemrosesan informasi, robotika, dan otomasi sebagai pendorong utama perubahan pekerjaan hingga 2030, sementara Stanford HAI mencatat lonjakan besar investasi korporasi global pada AI. Pada saat yang sama, International Federation of Robotics menunjukkan bahwa jumlah robot industri di pabrik-pabrik dunia telah melampaui 4,28 juta unit, dan ILO menegaskan bahwa dampak terbesar GenAI cenderung muncul dalam bentuk transformasi tugas kerja, bukan sekadar penghapusan pekerjaan secara langsung. ([World Economic Forum](#))

Makalah ini juga menegaskan bahwa desain masa depan tidak boleh berhenti pada efisiensi teknis. Keberhasilan penerapan AI, IoT, dan otomasi sangat ditentukan oleh tata kelola, etika, keamanan, energi, pengembangan talenta, dan kemampuan institusi untuk memastikan pengawasan manusia tetap hadir. NIST menekankan pentingnya *trustworthy AI* dan manajemen risiko yang sistematis, sementara UNESCO menempatkan martabat manusia, transparansi, keadilan, dan *human*

oversight sebagai prinsip dasar. Dalam konteks Indonesia, agenda ini sejalan dengan *Making Indonesia 4.0* dan Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial 2020–2045, yang menempatkan AI sebagai instrumen strategis untuk industri, kesehatan, ketahanan pangan, reformasi birokrasi, pendidikan, riset, serta mobilitas dan kota cerdas. Dengan demikian, masa depan yang dirancang melalui AI, IoT, dan otomasi harus dipahami sebagai proyek teknologi sekaligus proyek kemanusiaan dan pembangunan nasional. ([NIST Publications](#))

Kata Kunci

Desain masa depan; kecerdasan buatan; Internet of Things; otomasi; transformasi digital; industri 4.0; pekerjaan masa depan; tata kelola AI; inovasi; Indonesia 2045.

Desain Masa Depan dengan AI, IoT, dan Otomasi

Pendahuluan

Kita hidup pada sebuah titik sejarah ketika “masa depan” tidak lagi dapat dipahami sebagai sesuatu yang datang dengan sendirinya. Masa depan kini harus dirancang. Dalam konteks inilah kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), dan otomasi tampil bukan sekadar sebagai perangkat teknologi, melainkan sebagai instrumen desain sosial, ekonomi, organisasi, dan bahkan peradaban. Laporan *Future of Jobs Report 2025* menegaskan bahwa akses digital yang makin luas, AI dan pemrosesan informasi, serta robotika dan otomasi termasuk di antara faktor transformasional paling besar yang diperkirakan membentuk ulang dunia usaha hingga 2030. Dalam survei itu, 60% pemberi kerja memandang perluasan akses digital sebagai pendorong transformasi utama, 86% menunjuk AI dan pemrosesan informasi, dan 58% menyoroti robotika serta otomasi. ([World Economic Forum](#))

Makalah ini berangkat dari gagasan bahwa desain masa depan tidak boleh dibaca secara sempit sebagai desain produk atau desain mesin, melainkan sebagai desain sistem kehidupan: bagaimana organisasi bekerja, bagaimana kota dikelola, bagaimana logistik dipercepat, bagaimana pertanian ditingkatkan, bagaimana rumah sakit merespons pasien, dan bagaimana manusia mempertahankan martabatnya ketika keputusan semakin banyak dipengaruhi oleh algoritma. Pada titik ini, AI menyediakan kemampuan analitik dan prediktif; IoT menghadirkan jaringan sensor, perangkat, dan data real time; sedangkan otomasi menerjemahkan keputusan menjadi tindakan yang berulang, cepat, dan presisi. Ketiganya membentuk rantai nilai baru: sensing, thinking, deciding, dan acting. ([ITU](#))

Dalam banyak organisasi, perubahan ini tidak berlangsung bertahap lagi, melainkan eksponensial. Pabrik yang dulu hanya mengandalkan mesin kini bertransformasi menjadi *cyber-physical systems*; gudang konvensional berkembang menjadi pusat distribusi cerdas; kendaraan menjadi perangkat bergerak yang sarat sensor; ruang kelas mulai memanfaatkan analitik pembelajaran; dan layanan publik bergerak ke arah prediksi, personalisasi, dan respons otomatis. Federasi Robotika Internasional melaporkan bahwa pada 2023 terdapat 4.281.585 robot yang beroperasi di pabrik-pabrik dunia, naik 10% dari tahun sebelumnya, sementara pemasangan tahunan robot industri melampaui 500.000 unit untuk tahun ketiga berturut-turut. Asia menyerap sekitar 70% dari seluruh robot baru yang dipasang. ([IFR International Federation of Robotics](#))

Namun, desain masa depan bukan sekadar kisah efisiensi. Di dalamnya ada pertanyaan etis, politis, dan manajerial: siapa yang mengendalikan data, siapa yang memperoleh manfaat dari otomatisasi, pekerjaan apa yang berubah, keterampilan apa yang dibutuhkan, dan bagaimana tata kelola dibangun agar teknologi memperkuat manusia, bukan menggantikannya secara membabi buta. ILO pada pembaruan 2025 mengenai GenAI dan pekerjaan menekankan bahwa yang paling mungkin terjadi bukanlah penghapusan seluruh pekerjaan secara massal, melainkan transformasi

tugas-tugas dalam pekerjaan. Dengan kata lain, masa depan kerja lebih tepat dibaca sebagai *task transformation* daripada sekadar *job elimination*. ([International Labour Organization](#))

Karena itu, pembahasan dalam makalah ini akan menempatkan AI, IoT, dan otomasi sebagai tiga pilar utama dalam desain masa depan. Pertama, kita akan menelaah makna desain masa depan dalam perspektif manajemen dan teknologi. Kedua, kita akan mengkaji peran masing-masing teknologi serta sinerginya. Ketiga, kita akan melihat implikasinya pada industri, organisasi, pekerjaan, dan tata kelola publik. Keempat, kita akan membahas risiko, etika, dan kebutuhan kebijakan. Dan kelima, kita akan mengusulkan kerangka strategis bagi Indonesia agar konvergensi teknologi ini tidak hanya menjadi proyek modernisasi, tetapi juga proyek kedaulatan, inklusi, dan pembangunan manusia.

1. Memahami “Desain Masa Depan”

Istilah “desain masa depan” dapat dipahami sebagai proses sadar untuk membentuk kondisi sosial, ekonomi, dan teknologis yang diinginkan, alih-alih sekadar bereaksi terhadap perubahan. Dalam literatur manajemen strategis, pendekatan semacam ini dekat dengan *foresight*, *scenario planning*, dan *strategic design*. Masa depan tidak dilihat sebagai garis lurus dari masa kini, tetapi sebagai ruang kemungkinan yang dapat dipengaruhi melalui pilihan institusional, investasi teknologi, pengembangan sumber daya manusia, dan pembentukan regulasi. Karena itu, desain masa depan dengan AI, IoT, dan otomasi berarti menyusun arsitektur sistem yang memungkinkan organisasi dan masyarakat bergerak dari mode reaktif ke mode prediktif dan adaptif. ([World Economic Forum Reports](#))

Dalam desain masa depan, teknologi bukanlah tujuan akhir. Tujuan akhirnya adalah penciptaan nilai. Nilai itu dapat berupa peningkatan produktivitas, pengurangan pemborosan, percepatan layanan, keselamatan kerja, kualitas keputusan, keberlanjutan lingkungan, hingga pengalaman pengguna yang lebih baik. OECD menekankan bahwa teknologi frontier seperti AI membawa potensi besar bagi produktivitas, percepatan

kemajuan ilmiah, dan solusi atas tantangan besar seperti perubahan iklim, tetapi bersamaan dengan itu memunculkan risiko terkait kepercayaan, keadilan, privasi, dan keamanan. Artinya, desain masa depan harus memadukan ambisi inovasi dengan disiplin tata kelola. ([OECD](#))

Secara praktis, desain masa depan berarti berpindah dari pola organisasi yang statis ke pola yang dinamis. Pada masa lalu, organisasi merancang proses berdasarkan asumsi bahwa pasar relatif stabil, data lambat bergerak, dan keputusan dapat dibuat secara periodik. Kini asumsi itu berubah. Data bergerak terus-menerus, pelanggan berubah cepat, risiko rantai pasok terjadi mendadak, dan keputusan harus dibuat hampir real time. Dalam konteks ini, AI membantu menafsirkan kompleksitas, IoT menangkap sinyal dari lapangan, dan otomasi mengeksekusi respons. Tanpa tiga unsur ini, banyak organisasi akan tertinggal karena mereka hanya melihat laporan masa lalu ketika pesaingnya sudah bergerak berdasarkan prediksi masa depan. ([World Economic Forum](#))

2. AI sebagai Mesin Kognitif dalam Desain Masa Depan

AI dapat disebut sebagai mesin kognitif karena ia memperluas kapasitas manusia untuk mengenali pola, membuat prediksi, mengklasifikasikan objek, menghasilkan teks atau gambar, mengoptimalkan proses, dan mendukung keputusan. Perkembangan AI beberapa tahun terakhir juga memperlihatkan percepatan yang luar biasa. Stanford HAI dalam *AI Index Report 2025* menunjukkan bahwa investasi korporasi global pada AI mencapai rekor baru, dengan total investasi korporasi sekitar USD 252,3 miliar pada 2024, dan investasi privat tumbuh 44,5% dibanding tahun sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa AI telah berpindah dari sekadar eksperimen laboratorium menjadi strategi bisnis inti. ([Stanford HAI](#))

Dalam desain masa depan, kekuatan utama AI terletak pada kemampuannya mengubah data menjadi *actionable intelligence*. Data pelanggan, data mesin, data cuaca, data transaksi, data lalu lintas, hingga data kesehatan dapat diolah bukan hanya untuk melaporkan apa yang telah terjadi, melainkan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dan

tindakan apa yang paling tepat dilakukan. Di sinilah AI tidak sekadar menjadi alat analisis, tetapi menjadi lapisan intelektual yang menghubungkan masa kini dengan masa depan. AI memungkinkan organisasi berpindah dari *descriptive analytics* ke *predictive* dan *prescriptive analytics*. ([World Economic Forum Reports](#))

Lebih jauh lagi, AI generatif memperluas fungsi ini ke wilayah kreatif dan pengetahuan. Ia dapat membantu penyusunan dokumen, perancangan produk, simulasi skenario, komunikasi pelanggan, dan pengelolaan basis pengetahuan organisasi. Namun, ILO mengingatkan bahwa dampak terbesar GenAI justru akan terjadi pada restrukturisasi tugas di dalam pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang kaya unsur informasi, administratif, dan kognitif. Karena itu, desain masa depan yang matang tidak boleh menempatkan AI semata sebagai pengganti pekerja, melainkan sebagai mitra yang mengubah komposisi kerja manusia. ([International Labour Organization](#))

Bayangkan sebuah universitas masa depan. AI tidak harus menggantikan dosen. Ia dapat dipakai untuk merancang umpan balik otomatis atas tugas, menganalisis keterlibatan mahasiswa, memetakan kesenjangan pembelajaran, dan membantu dosen menyesuaikan strategi pengajaran. Peran dosen justru bergeser dari penyampai informasi menjadi perancang pengalaman belajar, mentor, kurator, dan penjaga kualitas intelektual. Contoh naratif ini penting, sebab ia menunjukkan bahwa dalam desain masa depan, AI paling bermanfaat ketika digunakan untuk membebaskan manusia dari kerja rutin dan memberi ruang lebih besar bagi kerja reflektif, empatik, dan kreatif.

3. IoT sebagai Sistem Saraf Masa Depan

Jika AI adalah otak, maka IoT adalah sistem saraf. IoT menghubungkan benda, mesin, kendaraan, ruangan, jaringan utilitas, dan perangkat sehari-hari ke dalam aliran data yang berkesinambungan. OECD mendefinisikan dan membahas IoT sebagai fondasi penting dalam transformasi digital karena teknologi ini memungkinkan objek fisik mengumpulkan,

mengirimkan, dan dalam banyak kasus menindaklanjuti data. ITU juga menekankan bahwa evolusi IoT kini tidak lagi berhenti pada konektivitas, tetapi semakin menuntut integrasi dengan AI, komputasi awan, dan *edge computing*, sehingga perangkat tidak hanya terhubung, tetapi juga cerdas dan semakin otonom. ([OECD](#))

Makna manajerial dari IoT sangat besar. Selama puluhan tahun, salah satu masalah terbesar organisasi adalah keterbatasan visibilitas. Manajer tidak pernah benar-benar melihat kondisi lapangan secara langsung dan terus-menerus. Mereka mengandalkan laporan, inspeksi periodik, atau intuisi. IoT mengubah situasi ini. Mesin dapat melaporkan suhu, getaran, dan beban kerjanya setiap saat. Armada kendaraan dapat mengirim lokasi, kecepatan, dan konsumsi bahan bakar. Gudang dapat memantau kelembapan, stok, dan pergerakan barang. Lahan pertanian dapat mengirim data kelembapan tanah dan kondisi mikroiklim. Rumah sakit dapat memantau alat, ruang, dan bahkan kondisi pasien tertentu. Dengan demikian, IoT mengubah organisasi dari "buta data" menjadi "sadar kondisi". ([OECD](#))

Di Indonesia, pentingnya IoT sudah lama dikaitkan dengan agenda industri 4.0. Pemerintah melalui narasi *Making Indonesia 4.0* menempatkan robotika, AI, dan IoT sebagai unsur penting dalam modernisasi manufaktur nasional. Penjelasan resmi pemerintah juga menyebut IoT sebagai salah satu elemen kunci untuk memasuki revolusi industri keempat, karena ia memungkinkan integrasi data dan kendali proses yang lebih presisi. Dengan kata lain, masa depan industri Indonesia tidak cukup dibangun hanya dengan menambah mesin; ia harus dibangun melalui mesin yang saling berkomunikasi. ([Portal Informasi Indonesia](#))

Secara naratif, kita dapat membayangkan sebuah pabrik makanan di Jawa Barat. Dahulu kualitas produk diperiksa setelah barang selesai diproduksi. Kini, dengan IoT, suhu, kelembapan, kecepatan lini, tekanan, dan konsumsi energi dapat dipantau terus-menerus. Jika ada penyimpangan kecil pada suhu oven atau getaran motor, sistem akan memberi sinyal sebelum cacat produk terjadi. Manajemen tidak lagi menunggu kerusakan; mereka

melakukan pencegahan. Di sini, IoT bukan sekadar alat teknis, tetapi fondasi dari budaya kerja baru: budaya antisipasi.

4. Otomasi sebagai Arsitektur Eksekusi

Otomasi sering disalahpahami hanya sebagai penggunaan mesin untuk menggantikan pekerjaan manusia. Pemahaman ini terlalu sempit. Otomasi sesungguhnya adalah arsitektur eksekusi: sebuah sistem yang mengubah aturan, keputusan, atau sinyal menjadi tindakan yang konsisten, cepat, dan berulang. Di pabrik, otomasi menggerakkan robot lengan, conveyor, dan sistem inspeksi. Di kantor, otomasi memproses dokumen, penagihan, persetujuan, dan pembaruan basis data. Di logistik, otomasi mengatur sortir, rute, dan penjadwalan. Di rumah sakit, otomasi membantu alur administrasi, inventaris obat, dan penjadwalan layanan.

Perkembangan otomasi saat ini makin terkait erat dengan AI. Otomasi lama berbasis aturan tetap: jika A maka B. Otomasi baru makin adaptif: sistem dapat menyesuaikan tindakan berdasarkan pola data yang berubah. Karena itu, masa depan bukan semata "otomatis" tetapi "otonom terbatas", yakni sistem yang dapat merespons variasi konteks dalam koridor kendali manusia. WEF menggambarkan bahwa transformasi industri semakin bergerak dari eksperimen AI menuju integrasi lintas fungsi yang mengubah operasi inti perusahaan. ([World Economic Forum Reports](#))

Data IFR mengenai robot industri menunjukkan bahwa dunia sedang bergerak ke arah itu. Ketika stok robot global di pabrik mencapai lebih dari 4,28 juta unit dan Asia menjadi wilayah pemasangan terbesar, hal ini menandakan bahwa otomasi bukan lagi milik sektor tertentu saja. Ia telah menjadi bagian dari kompetisi produktivitas global. Negara dan perusahaan yang tidak mengadopsi otomasi secara cerdas akan menghadapi biaya lebih tinggi, mutu kurang konsisten, dan respons pasar yang lebih lambat. ([IFR International Federation of Robotics](#))

Tetapi kita harus membedakan antara otomasi yang mempersempit manusia dan otomasi yang memperkuat manusia. Otomasi yang buruk

menjadikan pekerja sekadar operator pasif dari sistem yang tidak ia pahami. Otomasi yang baik justru meningkatkan keselamatan, mengurangi kelelahan, meminimalkan kesalahan, dan memungkinkan pekerja fokus pada supervisi, analisis, dan perbaikan berkelanjutan. Dalam desain masa depan, pertanyaan utamanya bukan “apa yang bisa diotomasi?” tetapi “apa yang sebaiknya diotomasi agar martabat, produktivitas, dan daya cipta manusia meningkat?”

5. Konvergensi AI, IoT, dan Otomasi

Kekuatan terbesar dari ketiga teknologi ini tidak terletak pada masing-masing secara terpisah, tetapi pada konvergensinya. IoT mengumpulkan data dari dunia fisik; AI menafsirkan data itu; dan otomasi mengeksekusi tindakan yang diperlukan. Rantai ini menciptakan sistem umpan balik tertutup yang membuat organisasi semakin responsif. Dalam pabrik cerdas, sensor mendeteksi gejala aus pada mesin; AI memperkirakan kemungkinan kerusakan; sistem otomasi menjadwalkan perawatan sebelum mesin gagal. Dalam rantai pasok, sensor memantau posisi dan suhu barang; AI memperkirakan keterlambatan; sistem otomasi mengalihkan rute atau mengubah prioritas distribusi.

Konvergensi ini juga menggeser paradigma manajemen dari reaktif ke prediktif. Sebelumnya, pemeliharaan dilakukan setelah rusak; kini dilakukan sebelum rusak. Sebelumnya, stok ditambah setelah kekurangan; kini suplai diatur sebelum kekurangan muncul. Sebelumnya, pelayanan publik menunggu laporan warga; kini sistem dapat mendeteksi anomali penggunaan air, listrik, atau kemacetan dan merespons lebih cepat. Inilah yang membuat desain masa depan menjadi mungkin: bukan karena kita tahu masa depan dengan pasti, tetapi karena kita membangun kapasitas sistem untuk mengindra, belajar, dan menyesuaikan diri lebih cepat daripada gangguan datang. ([ITU](#))

Dalam ranah bisnis, konvergensi ini menghasilkan model operasi baru. Perusahaan tidak lagi sekadar menjual produk, tetapi menjual layanan berbasis data. Produsen mesin dapat menawarkan *predictive maintenance*

sebagai layanan. Perusahaan energi dapat memantau konsumsi pelanggan secara real time. Perusahaan agritech dapat menjual paket irigasi cerdas berbasis sensor. Rumah sakit dapat mengombinasikan pemantauan jarak jauh dengan analitik klinis untuk intervensi dini. Dengan demikian, AI, IoT, dan otomasi bukan hanya mengubah cara bekerja, tetapi juga mengubah model bisnis dan sumber pendapatan.

6. Implikasi bagi Industri Manufaktur

Sektor manufaktur merupakan arena yang paling jelas memperlihatkan implikasi desain masa depan. Program *Making Indonesia 4.0* sendiri menempatkan transformasi digital manufaktur sebagai agenda strategis nasional, dan pemerintah secara eksplisit mengaitkannya dengan pengembangan robotika dan AI. Ini menunjukkan bahwa industri masa depan dipahami bukan lagi sebagai ruang produksi mekanis semata, tetapi sebagai sistem cerdas yang terhubung. ([Portal Informasi Indonesia](#))

Dalam manufaktur, AI dapat dipakai untuk kontrol kualitas berbasis visi komputer, optimasi jadwal produksi, deteksi anomali, perkiraan permintaan, dan optimasi energi. IoT menghadirkan *machine telemetry*, jejak kondisi lini produksi, dan integrasi antarperalatan. Otomasi menjalankan lini secara presisi, termasuk penggunaan robot kolaboratif. Kombinasi ini menurunkan *downtime*, mengurangi cacat, dan meningkatkan *throughput*. IFR menunjukkan bahwa industri global telah bergerak cepat ke arah ini, sehingga negara berkembang perlu mengejar bukan hanya dari sisi pembelian mesin, tetapi juga dari sisi integrasi sistem dan keterampilan manusia. ([IFR International Federation of Robotics](#))

Narasi sederhana dapat menggambarkannya. Sebuah pabrik kemasan yang dulunya hanya mengandalkan inspeksi manual kini memasang kamera visi komputer pada akhir lini. Setiap produk yang keluar diperiksa ukurannya, warnanya, dan ketepatan cetaknya. Sensor di motor utama memantau getaran. AI menghubungkan pola getaran tertentu dengan potensi kerusakan bantalan. Sistem lalu memberi peringatan kepada teknisi dan mengubah jadwal produksi secara otomatis. Pekerja tidak kehilangan

peran; mereka bergeser dari pemeriksa manual menjadi analis kualitas dan teknisi pemeliharaan berbasis data.

7. Implikasi bagi Logistik dan Rantai Pasok

Rantai pasok masa kini sangat rentan terhadap gangguan: konflik geopolitik, cuaca ekstrem, keterlambatan pelabuhan, perubahan permintaan, dan kemacetan distribusi. Karena itu, desain masa depan di bidang logistik menuntut visibilitas, prediksi, dan kelincahan. AI membantu memproyeksikan permintaan, mengoptimalkan rute, dan mengenali potensi keterlambatan. IoT memantau posisi, suhu, dan kondisi barang selama perjalanan. Otomasi menggerakkan sistem sortir, *warehouse management*, dan penjadwalan pengiriman. (ITU)

Manfaat strategisnya sangat besar. Dalam industri makanan, farmasi, dan produk sensitif suhu, IoT memungkinkan *cold chain* dipantau secara terus-menerus. Bila terjadi penyimpangan suhu, AI dapat menilai tingkat risikonya dan sistem mengirim notifikasi atau menahan distribusi sebelum barang rusak sampai ke konsumen. Pada e-commerce, otomasi gudang mempercepat pemrosesan pesanan, sedangkan AI membantu memprediksi lokasi stok terbaik agar waktu pengiriman lebih singkat. Dengan kata lain, masa depan logistik bukan hanya soal kendaraan yang lebih cepat, tetapi sistem informasi yang lebih cerdas.

Bagi Indonesia sebagai negara kepulauan, implikasi ini bahkan lebih penting. AI, IoT, dan otomasi dapat membantu menurunkan biaya logistik melalui pemantauan multimoda, optimasi rute laut-darat, dan koordinasi stok antarwilayah. Di daerah terpencil, sensor dan konektivitas dapat membantu memantau distribusi vaksin, obat, atau bahan pokok. Desain masa depan dalam konteks Indonesia berarti mengaitkan teknologi dengan geografi nasional, bukan menyalin mentah model dari negara lain.

8. Implikasi bagi Pertanian dan Ketahanan Pangan

Pertanian adalah contoh paling menarik tentang bagaimana teknologi tinggi dapat melayani kebutuhan paling dasar: pangan. AI dapat

memprediksi hasil panen, mendeteksi hama, dan menganalisis pola cuaca. IoT dapat memantau kelembapan tanah, suhu udara, curah hujan mikro, dan kondisi irigasi. Otomasi dapat mengendalikan penyiraman, pemupukan presisi, dan proses pascapanen tertentu. Kombinasi ini sering disebut *precision agriculture*. ([ITU](#))

Indonesia memiliki alasan kuat untuk memanfaatkan pendekatan ini. Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial 2020–2045 menempatkan ketahanan pangan sebagai salah satu area prioritas, bersama kesehatan, reformasi birokrasi, pendidikan dan riset, serta mobilitas dan kota cerdas. Fakta ini menunjukkan bahwa masa depan AI di Indonesia sejak awal tidak dibayangkan hanya untuk sektor digital perkotaan, tetapi juga untuk sektor-sektor strategis pembangunan nasional. ([Korika](#))

Bayangkan sebuah koperasi tani hortikultura. Sensor kelembapan dipasang di beberapa titik lahan. Data terkirim ke aplikasi. AI memberi saran kapan penyiraman dilakukan, jenis lahan mana yang mulai stres air, dan kapan risiko penyakit meningkat karena kombinasi suhu serta kelembapan tertentu. Sistem irigasi otomatis menyalurkan air hanya ke area yang membutuhkan. Hasilnya bukan sekadar efisiensi air, tetapi perubahan cara bertani: dari tradisi reaktif menuju keputusan berbasis bukti.

9. Implikasi bagi Kesehatan dan Layanan Publik

Sektor kesehatan memperlihatkan dengan sangat jelas bahwa desain masa depan bukan hanya persoalan ekonomi, tetapi persoalan hidup manusia. AI dapat membantu analisis citra medis, triase awal, pengelolaan data pasien, deteksi pola risiko, dan dukungan keputusan klinis. IoT memungkinkan *remote monitoring* melalui perangkat medis terhubung. Otomasi membantu penjadwalan, alur administrasi, inventaris, hingga notifikasi layanan. UNESCO menekankan pentingnya hak asasi, martabat manusia, transparansi, dan pengawasan manusia dalam seluruh siklus hidup sistem AI. Dalam layanan kesehatan, prinsip-prinsip itu menjadi sangat krusial karena keputusan teknologi dapat langsung menyentuh keselamatan manusia. ([UNESCO](#))

Dalam konteks kebijakan Indonesia, sektor kesehatan juga termasuk prioritas dalam strategi AI nasional. Hal ini logis, sebab negara dengan wilayah luas dan distribusi tenaga kesehatan yang tidak merata dapat sangat terbantu oleh kombinasi AI, konektivitas, dan otomasi administratif. Namun, teknologi di bidang ini harus selalu tunduk pada prinsip kehati-hatian, validitas klinis, perlindungan data, dan akuntabilitas. ([Korika](#))

Layanan publik pun demikian. AI dapat membantu deteksi anomali pada bansos, manajemen lalu lintas, perencanaan transportasi, dan analisis kebutuhan warga. IoT dapat dipakai untuk sistem air, sampah, kualitas udara, lampu jalan, dan keselamatan kota. Otomasi mempercepat proses administrasi. Tetapi desain masa depan pemerintahan tidak boleh jatuh pada "teknokrasi tanpa warga". Teknologi harus membuat negara lebih responsif, lebih adil, dan lebih dapat dipertanggungjawabkan, bukan lebih opak.

10. Perubahan Pekerjaan, Kompetensi, dan Organisasi

Salah satu kecemasan terbesar terkait AI dan otomasi adalah soal pekerjaan. Kekhawatiran itu wajar, tetapi analisis yang matang menunjukkan persoalan utamanya adalah perubahan komposisi tugas dan kompetensi. ILO menegaskan bahwa banyak pekerjaan akan mengalami *task-level transformation*. Artinya, tugas-tugas yang rutin, administratif, dan terstruktur cenderung paling mudah diubah, sedangkan pekerjaan yang menuntut empati, penalaran sosial, kepemimpinan, negosiasi, dan tanggung jawab moral tetap sangat penting. ([International Labour Organization](#))

WEF juga menyoroti bahwa kesenjangan keterampilan merupakan salah satu hambatan utama transformasi bisnis. Ketika perusahaan mengadopsi AI, robotika, dan otomasi, kebutuhan pada literasi data, pemikiran analitis, ketahanan belajar, serta keterampilan teknologi meningkat. Dengan demikian, desain masa depan bukan hanya proyek investasi perangkat keras dan lunak, tetapi juga proyek pembelajaran organisasi. ([World Economic Forum](#))

Secara organisasi, hal ini berarti struktur kerja akan bergeser. Fungsi operasional menjadi lebih ramping, tetapi kebutuhan pada integrator sistem, analis data, manajer perubahan, spesialis keamanan siber, insinyur otomasi, dan perancang pengalaman pengguna meningkat. Di level pimpinan, kemampuan membaca data saja tidak cukup; dibutuhkan kemampuan menghubungkan teknologi dengan strategi, budaya, risiko, dan nilai organisasi. Masa depan akan lebih menguntungkan pemimpin yang memahami teknologi secara cukup dalam untuk mengambil keputusan, tanpa harus menjadi programmer.

Dalam konteks pendidikan tinggi, implikasinya sangat besar. Kurikulum manajemen, teknik, ekonomi, kesehatan, pertanian, bahkan ilmu sosial perlu bergerak ke arah kompetensi lintas disiplin. Mahasiswa masa depan perlu memahami dasar data, etika AI, logika sistem, dan dampak sosial teknologi, selain bidang ilmunya sendiri. Dengan demikian, desain masa depan sejatinya juga adalah desain ulang pendidikan.

11. Tata Kelola, Risiko, dan Etika

Semakin besar peran teknologi, semakin besar pula kebutuhan akan tata kelola. NIST melalui *AI Risk Management Framework* menekankan pentingnya pendekatan yang sistematis untuk mengelola risiko AI pada individu, organisasi, dan masyarakat. Kerangka ini menyoroti fungsi seperti *govern*, *map*, *measure*, dan *manage*, yang pada dasarnya mengajarkan bahwa organisasi tidak boleh mengadopsi AI secara sembarang. Mereka harus memahami tujuan, konteks, risiko, bias, kualitas data, dan dampak dari sistem yang dibangun. ([NIST](#))

UNESCO, pada sisi lain, menekankan transparansi, keadilan, akuntabilitas, pengawasan manusia, serta perlindungan hak asasi dan martabat manusia sebagai landasan etika AI. Prinsip-prinsip ini penting bukan hanya untuk sektor publik, tetapi juga untuk perusahaan. Tanpa etika, AI dapat memperkuat bias, menormalisasi pengawasan berlebihan, dan membuat keputusan yang tidak dapat dijelaskan kepada pihak yang terdampak. ([UNESCO](#))

Pada IoT, risiko utama terletak pada keamanan siber, privasi, dan integritas sistem. Semakin banyak perangkat terhubung, semakin luas pula permukaan serangan. Sensor yang terganggu, data yang dipalsukan, atau perangkat yang diretas dapat menyebabkan kesalahan keputusan atau gangguan operasional. Di ranah industri, ini dapat mengakibatkan kerugian besar; di rumah sakit atau sistem kota, bisa berdampak pada keselamatan manusia. Karena itu, desain masa depan harus bersifat *secure by design*, bukan menambahkan keamanan di akhir.

Ada pula dimensi lingkungan. IEA pada 2025 menyoroti bahwa pertumbuhan AI terkait erat dengan permintaan listrik dari pusat data. Dalam salah satu skenario efisiensi tinggi, permintaan listrik pusat data global tetap mencapai sekitar 970 TWh pada 2035, setara 2,6% dari permintaan listrik dunia. Ini menunjukkan bahwa masa depan digital juga memiliki jejak energi. Karena itu, desain masa depan yang baik harus memikirkan efisiensi perangkat, arsitektur komputasi, dan sumber energi yang menopang infrastruktur digital. ([IEA](#))

12. Kedaulatan Teknologi dan Tantangan Global

AI, IoT, dan otomasi bukan hanya soal efisiensi perusahaan; ia juga terkait dengan geopolitik teknologi. UNCTAD dalam *Technology and Innovation Report 2025* menekankan bahwa AI yang inklusif bagi pembangunan memerlukan kerja sama global dan tata kelola yang tidak hanya dikendalikan oleh segelintir aktor. Laporan itu juga menggarisbawahi cepatnya pertumbuhan instrumen kebijakan AI dan strategi nasional di berbagai negara. Ini berarti desain masa depan berlangsung dalam arena persaingan kapasitas nasional: data, talenta, komputasi, riset, dan regulasi. ([UN Trade and Development \(UNCTAD\)](#))

Stanford HAI dan OECD sama-sama menunjukkan bahwa investasi dan kapasitas AI sangat terkonsentrasi pada negara dan perusahaan tertentu. Ini menghadirkan tantangan serius bagi negara berkembang: apakah mereka hanya menjadi pasar teknologi, atau mampu membangun sebagian kapasitas strategisnya sendiri? Kedaulatan masa depan tidak

berarti menolak globalisasi teknologi, melainkan membangun kemampuan nasional agar tidak sepenuhnya tergantung. ([Stanford HAI](#))

Bagi Indonesia, pertanyaan ini sangat relevan. Negara perlu memikirkan bukan hanya adopsi aplikasi, tetapi juga ekosistem data, komputasi, talenta, riset terapan, standardisasi, serta kemitraan industri-akademik. KORIKA menempatkan strategi nasional AI sebagai acuan bagi kementerian, lembaga, daerah, dan pemangku kepentingan lainnya, serta menegaskan pentingnya kolaborasi *quadruple helix* antara pemerintah, industri, akademisi, dan komunitas. Ini merupakan fondasi yang tepat, tetapi implementasinya harus diperkuat agar strategi tidak berhenti pada dokumen. ([Korika](#))

13. Relevansi Strategis bagi Indonesia

Indonesia berada pada posisi yang unik. Di satu sisi, kita memiliki tantangan besar: kesenjangan digital, kualitas SDM yang tidak merata, keterbatasan infrastruktur di banyak daerah, dan ketergantungan tinggi pada teknologi impor. Di sisi lain, kita memiliki peluang besar: pasar yang luas, bonus demografi, kebutuhan modernisasi industri, potensi ekonomi digital, dan agenda transformasi nasional hingga 2045. Pemerintah telah menempatkan AI, robotika, dan otomasi dalam narasi industrialisasi dan transformasi digital nasional melalui *Making Indonesia 4.0*, sementara strategi AI nasional menegaskan prioritas sektor-sektor yang sangat relevan dengan kebutuhan bangsa. ([Portal Informasi Indonesia](#))

Dalam konteks ini, desain masa depan Indonesia tidak boleh hanya menjadi proyek kota besar atau perusahaan besar. Teknologi harus dihubungkan dengan agenda penguatan UMKM, ketahanan pangan, layanan kesehatan, logistik antarpulau, reformasi birokrasi, pendidikan, dan pengembangan industri nasional. AI, IoT, dan otomasi akan gagal menjadi alat pembangunan jika hanya terkonsentrasi pada segmen elit digital. Ia harus diterjemahkan ke dalam kasus-kasus nyata yang menyentuh rakyat banyak.

Sebagai contoh, sebuah kabupaten agraris dapat mengembangkan sistem pertanian presisi berbasis sensor dan analitik cuaca. Sebuah rumah sakit daerah dapat memanfaatkan AI untuk manajemen antrean dan prioritas kasus. Pelabuhan dapat menerapkan sensor dan otomasi untuk meningkatkan *turnaround time*. Pabrik menengah dapat menggunakan visi komputer untuk kontrol kualitas tanpa harus langsung melompat ke investasi robot yang sangat mahal. Pendekatan seperti ini lebih realistis: bertahap, terukur, dan sesuai konteks.

14. Kerangka Strategis Desain Masa Depan

Agar AI, IoT, dan otomasi benar-benar menjadi alat desain masa depan, setidaknya ada enam pilar strategis yang perlu dibangun.

Pertama, desain harus dimulai dari masalah, bukan dari teknologi. Organisasi perlu bertanya: masalah apa yang paling mahal, paling berulang, paling lambat, atau paling berisiko? Dari situ barulah dipilih apakah AI, IoT, otomasi, atau kombinasi ketiganya relevan. Banyak transformasi digital gagal karena dimulai dari euforia teknologi, bukan diagnosis masalah.

Kedua, data harus diperlakukan sebagai infrastruktur strategis. AI tanpa data yang baik hanya akan menghasilkan prediksi yang buruk. IoT tanpa arsitektur data hanya akan menambah kebisingan informasi. Karena itu, kualitas, interoperabilitas, keamanan, dan tata kelola data harus dibangun sejak awal. ([NIST](#))

Ketiga, kemampuan manusia harus dikembangkan seiring investasi teknologi. WEF dan ILO sama-sama menunjukkan bahwa perubahan teknologi akan menuntut restrukturisasi keterampilan. Karena itu, setiap proyek AI, IoT, atau otomasi harus disertai peta kompetensi, program pelatihan, dan desain ulang pekerjaan. ([World Economic Forum](#))

Keempat, etika dan risiko harus diintegrasikan ke dalam desain. NIST dan UNESCO memberi landasan kuat bahwa kepercayaan, transparansi,

keadilan, dan akuntabilitas bukan ornamen, tetapi syarat agar sistem dapat diterima dan berkelanjutan. ([NIST](#))

Kelima, pembangunan ekosistem lebih penting daripada proyek tunggal. Indonesia perlu memperkuat hubungan antara kampus, industri, pemerintah, startup, dan komunitas teknologi agar inovasi dapat bergerak dari laboratorium ke aplikasi nyata. Semangat *quadruple helix* dalam strategi AI nasional perlu dipraktikkan secara lebih konkret. ([Korika](#))

Keenam, keberlanjutan harus menjadi bagian dari ukuran keberhasilan. Sistem yang sangat canggih tetapi boros energi, menghasilkan ketimpangan, atau memperburuk kerentanan sosial tidak layak disebut desain masa depan yang baik. Temuan IEA mengenai tekanan listrik dari pertumbuhan pusat data mengingatkan bahwa transformasi digital harus dihubungkan dengan agenda energi dan efisiensi. ([IEA](#))

15. Sebuah Refleksi Manajerial

Pada akhirnya, pertanyaan terpenting dalam desain masa depan bukanlah “seberapa canggih teknologi kita?” melainkan “masyarakat seperti apa yang sedang kita bangun dengan teknologi itu?” Sebuah perusahaan dapat memasang sensor di mana-mana, mengotomasi proses, dan menerapkan AI ke banyak fungsi; tetapi bila pekerjanya tidak diberdayakan, pelanggan tidak dilindungi, dan keputusan tidak dapat dipertanggungjawabkan, maka transformasi itu belum matang. Demikian pula sebuah negara dapat merumuskan strategi AI, tetapi bila tidak diikuti pembangunan kapasitas publik, tata kelola data, dan pemerataan manfaat, maka desain masa depannya akan timpang.

Karena itu, manajemen masa depan harus bersifat teknologis sekaligus humanistik. Ia perlu menghargai data, tetapi juga kebijaksanaan. Ia perlu mengejar efisiensi, tetapi juga keadilan. Ia perlu membangun sistem otomatis, tetapi tetap menjaga ruang bagi pertimbangan manusia. Dalam banyak hal, tantangan terbesar bukan lagi bagaimana membuat mesin

lebih pintar, melainkan bagaimana membuat institusi lebih matang dalam menggunakan kecerdasan itu.

Penutup

Desain masa depan dengan AI, IoT, dan otomasi merupakan salah satu agenda paling menentukan bagi dunia bisnis, pemerintahan, pendidikan, kesehatan, dan pembangunan nasional. AI memberi kemampuan kognitif untuk membaca pola dan memprediksi kemungkinan. IoT memberi kemampuan sensorik untuk menangkap realitas lapangan secara terus-menerus. Otomasi memberi kemampuan eksekusi untuk bertindak dengan cepat dan konsisten. Ketika ketiganya dikonvergensi, lahirlah sistem yang lebih prediktif, adaptif, dan efisien.

Tetapi teknologi ini tidak netral dalam dampaknya. Ia dapat mempercepat pembangunan, tetapi juga memperlebar ketimpangan. Ia dapat meningkatkan kualitas hidup, tetapi juga memperbesar risiko pengawasan, bias, dan konsentrasi kekuasaan teknologi. Karena itu, desain masa depan harus dibangun di atas tiga hal sekaligus: inovasi, tata kelola, dan pembangunan manusia. UNESCO, NIST, OECD, UNCTAD, WEF, ILO, dan berbagai sumber kebijakan nasional pada dasarnya memberi pesan yang sejalan: kemajuan teknologi harus dikelola secara bertanggung jawab, inklusif, dan berorientasi jangka panjang. ([UNESCO](#))

Bagi Indonesia, peluangnya nyata. Dengan agenda industrialisasi, transformasi digital, dan visi 2045, negara ini memiliki alasan strategis untuk menjadikan AI, IoT, dan otomasi sebagai alat modernisasi nasional. Namun, keberhasilan tidak akan ditentukan oleh banyaknya jargon teknologi, melainkan oleh kualitas implementasi: apakah teknologi itu menjawab masalah konkret, memperkuat kapasitas nasional, memberdayakan manusia, dan membangun masa depan yang lebih adil. Itulah esensi desain masa depan yang sesungguhnya: bukan menunggu zaman berubah, tetapi dengan sadar membentuk arah perubahan itu sendiri. ([Portal Informasi Indonesia](#))

Glosarium

Glosarium berikut disusun sebagai sintesis konseptual dari dokumen kebijakan, laporan internasional, dan kerangka tata kelola resmi mengenai AI, IoT, otomasi, pekerjaan masa depan, dan transformasi digital. ([NIST Publications](#))

Artificial Intelligence (AI)

Sistem komputasional yang mampu melakukan fungsi-fungsi seperti prediksi, klasifikasi, generasi konten, pengenalan pola, dan dukungan pengambilan keputusan berbasis data. ([Stanford HAI](#))

Internet of Things (IoT)

Jaringan perangkat atau objek fisik yang saling terhubung untuk mengumpulkan, mengirim, dan memanfaatkan data secara berkelanjutan melalui konektivitas digital. ([ITU](#))

Otomasi

Penggunaan sistem, perangkat lunak, atau mesin untuk menjalankan proses secara otomatis, berulang, dan konsisten, baik dalam manufaktur maupun pekerjaan administratif dan layanan. ([World Economic Forum](#))

Generative AI (GenAI)

Cabang AI yang mampu menghasilkan teks, gambar, kode, ringkasan, atau bentuk konten baru berdasarkan pola yang dipelajari dari data. ([International Labour Organization](#))

Robot Industri

Robot yang digunakan dalam lingkungan produksi untuk melakukan tugas seperti perakitan, pengelasan, pemindahan material, inspeksi, atau operasi berulang lain secara presisi. ([IFR International Federation of Robotics](#))

Analitik Prediktif

Pendekatan analitik yang menggunakan data historis dan model komputasional untuk memperkirakan kejadian, kebutuhan, atau risiko yang mungkin muncul pada masa depan. ([Stanford HAI](#))

Pemeliharaan Prediktif (*predictive maintenance*)

Pendekatan perawatan aset atau mesin yang memanfaatkan sensor, data real time, dan analitik untuk mendeteksi potensi gangguan sebelum kerusakan benar-benar terjadi. ([ITU](#))

Edge Computing

Pemrosesan data yang dilakukan lebih dekat ke sumber data atau perangkat lapangan, sehingga mengurangi latensi dan memungkinkan respons yang lebih cepat dalam sistem IoT dan layanan cerdas. ([ITU](#))

Transformasi Digital

Perubahan menyeluruh pada proses, model bisnis, layanan, dan cara organisasi bekerja dengan memanfaatkan teknologi digital secara strategis. ([OECD](#))

Trustworthy AI

AI yang dirancang dan dikelola agar valid, andal, aman, tangguh, akuntabel, transparan, dapat dijelaskan, menjaga privasi, dan adil. ([NIST Publications](#))

Human Oversight

Prinsip bahwa manusia tetap memiliki peran pengawasan, penilaian, dan tanggung jawab akhir atas penggunaan dan keputusan sistem AI. ([UNESCO](#))

AI Governance

Kerangka kebijakan, tata kelola, standar, dan mekanisme pengendalian untuk memastikan penggunaan AI berjalan etis, aman, bertanggung jawab, dan sesuai tujuan organisasi atau negara. ([NIST Publications](#))

Pusat Data (*data centre*)

Fasilitas komputasi dan penyimpanan data berskala besar yang menopang pelatihan, inferensi, dan layanan digital, termasuk aplikasi AI. ([IEA](#))

Quad Helix

Model kolaborasi antara pemerintah, industri, akademisi, dan komunitas

sebagai penggerak inovasi dan pengembangan ekosistem AI nasional.
([Korika](#))

Daftar Pustaka (APA 7)

International Energy Agency. (2025). *Energy and AI*. ([IEA](#))

International Federation of Robotics. (2024, September 24). *Record of 4 million robots in factories worldwide*. ([IFR International Federation of Robotics](#))

International Labour Organization. (2025, May 20). *Generative AI and jobs: A 2025 update*. ([International Labour Organization](#))

International Telecommunication Union. (2025). *Overview of internet of things convergence* (ITU-T Y-series Supplement 92). ([ITU](#))

Kolaborasi Riset dan Inovasi Industri Kecerdasan Artifisial. (2020). *Strategi nasional kecerdasan artifisial Indonesia 2020–2045*. ([Korika](#))

National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). ([NIST](#))

OECD. (2024). *OECD digital economy outlook 2024* (Vol. 1). OECD Publishing. ([OECD](#))

Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. (2025). *Artificial intelligence index report 2025*. Stanford University. ([Stanford HAI](#))

United Nations Conference on Trade and Development. (2025). *Technology and innovation report 2025: Inclusive artificial intelligence for development*. ([UN Trade and Development \(UNCTAD\)](#))

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

World Economic Forum. (2025). *The future of jobs report 2025*. ([World Economic Forum](#))

Portal Informasi Indonesia. (2024). *Making Indonesia 4.0, langkah Indonesia menuju era digital dan otomatisasi*. ([Portal Informasi Indonesia](#))

Prompting on Writer's account ([Rudy C Tarumingkeng](#)) 23 March 1926.

<https://chatgpt.com/c/69c09822-d188-839a-833e-9217d84e934a>