

RAPAT TERBUKA
UNIVERSITAS GADJAH MADA



**Transformasi Digital, Harmonisasi Inovasi,
dan Kemanusiaan**

Peringatan Dies Natalis ke-74
UNIVERSITAS GADJAH MADA
19 Desember 2023

RAPAT TERBUKA
UNIVERSITAS GADJAH MADA



**Transformasi Digital, Harmonisasi Inovasi
dan Kemanusiaan**

Peringatan Dies Natalis Ke-74
UNIVERSITAS GADJAH MADA
19 Desember 2023

**RAPAT TERBUKA UNIVERSITAS GADJAH MADA:
Transformasi Digital, Harmonisasi Inovasi
dan Kemanusiaan**

Tim penyusun:

Prof. Dr. Ir. Mochammad Maksum, M.Sc. (Penanggung Jawab)

Prof. Dr. M. Baiquini, M.A. (Penanggung Jawab)

Prof. Ir. Alva Edy Tontowi, M.Sc., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

Prof. Dr. Sri Hartati, M.Sc., Ph.D.

Prof. Dr. Wahyudi Kumorotomo, M.P.P.

Prof. Dr. Tandellin Eduardus, M.B.A.

Prof. Dr. Christiana Rini Indrati, M.Si.

Prof. Dr. Faruk, S.U.

Prof. Dr. Ahmad Maryudi, S.Hut., M.For.

Proofreader:

Andayani

Desain grafis:

Pram's

Tata letak isi:

Maarif

Dicetak oleh:

Gajah Mada University Press

ugmpress.ugm.ac.id | gmupress@ugm.ac.id

□ —————

Yang kami hormati, Presiden Republik Indonesia, Bapak Ir. H. Joko Widodo
Yang kami hormati, Sri Sultan Hamengku Buwono X,
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat,
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik,
Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar,
Rektor dan Wakil Rektor,
Para Dekan dan Wakil Dekan,
Pimpinan Unit Kerja Kantor Pusat Universitas Gadjah Mada,
Kepala Pusat Studi,
Ketua dan Sekretaris Senat Fakultas,
Para dosen, tenaga kependidikan, dan mahasiswa,
Para pengurus dan anggota Keluarga Alumni Universitas Gadjah Mada,
Para tamu undangan dan hadirin yang kami muliakan.

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Salam sejahtera, Om Swastiastu.

Namo Buddhaya, Salam Kebajikan.

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas karunia-Nya sehingga kita dapat berkumpul pada pagi hari ini untuk memperingati Dies Natalis Ke-74 Universitas Gadjah Mada.

1. PENDAHULUAN

... cita-cita ini akan terwujud jika: (1) proses transformasi digital sebagai bangsa/negara Indonesia berjalan lancar dengan tetap terjaganya rasio pertumbuhan ekonomi/inflasi (E/I) tinggi hingga lepas dari *middle income trap* saat bonus demografi, siap menghadapi krisis pangan dan energi; dan (2) terjaganya harmonisasi antara inovasi dalam berbagai aspek yang diciptakan manusia dengan sisi kemanusiaan bangsa Indonesia sendiri.

Indonesia dengan wilayah berciri maritim (lautan bertebaran pulau) terbesar di dunia dengan populasi 278,696,200 juta (2023)^[1] penduduk (1.340 suku bangsa) atau sekitar 40,9% dari populasi penduduk ASEAN, kekayaan alamnya yang masih melimpah dan sistem pemerintahan presidensial, merupakan negara yang ideal di Era Industri 4.0/ Era Digital berpotensi menjadi negara maju dengan masyarakat makmur, sejahtera, dan bahagia, **“Toto Titi Tentrem Kerto Raharjo”** sesuai amanat UUD 1945. Berproses menjadi negara maju **Era Digital** yang penuh dengan disrupsi teknologi, perubahan iklim, ancaman krisis ekonomi, pangan dan energi, serta dinamika geopolitik global ini tidaklah mudah, dan cita-cita ini akan terwujud jika: (1) proses transformasi digital sebagai bangsa/negara Indonesia berjalan lancar dengan tetap terjaganya rasio pertumbuhan ekonomi/inflasi (E/I) tinggi hingga lepas dari *middle income trap* saat bonus demografi, siap menghadapi krisis pangan dan energi; dan (2) terjaganya harmonisasi antara inovasi dalam berbagai aspek yang diciptakan manusia dengan sisi kemanusiaan bangsa Indonesia sendiri. Teknologi digital merupakan hasil inovasi manusia berbasis riset (R&D) dalam ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Di Indonesia, kemajuan IPTEK telah menjadi amanah **UUD 1945 (Amandemen IV)** pada **Pasal 31 Ayat 5 yang menyatakan bahwa**

□ —————

“Pemerintah memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dengan menjunjung tinggi nilai-nilai agama dan persatuan bangsa untuk kemajuan peradaban serta kesejahteraan umat manusia”. Motor utama kemajuan IPTEK dan penerapannya di berbagai bidang ini adalah **inovasi**, sedangkan dasar inovasi adalah **riset (R&D)** yang senantiasa **“Memayu Hayuning Bawono”**, dan **riset** merupakan salah satu darma Perguruan Tinggi dan tupoksi Lembaga Riset di Indonesia.

2. TEKNOLOGI DIGITAL DAN TRANSFORMASI DIGITAL

2.1. Teknologi Digital

Teknologi digital dimulai dengan hadirnya komputer yang bekerja berdasarkan binary code (angka 0 & 1). Semua data/informasi diolah/proses, disimpan dan ditransfer berformat angka binary. Kata digital sendiri berasal dari bahasa latin “digitus” yang berarti jari jemari. Teknologi digital adalah teknologi yang proses kerjanya berbasiskan angka binary yang dapat berupa perangkat elektronik/ peralatan/ system yang dapat menghasilkan, memproses, menyimpan dan mengirim data. Dalam perjalanan sejarah peradaban manusia, teknologi ini kemudian menjadi bagian penting untuk memenuhi kebutuhan kehidupan manusia. Sebagai manusia kita sadari bahwa 5 esensi hierarki kebutuhan manusia (fisiologi, keamanan, sosial, esteem, dan aktualisasi diri) sepanjang sejarah peradaban manusia di planet

Motor utama kemajuan IPTEK dan penerapannya di berbagai bidang ini adalah **inovasi**, sedangkan dasar inovasi adalah **riset (R&D)** yang senantiasa **“Memayu Hayuning Bawono”**, dan **riset** merupakan salah satu darma Perguruan Tinggi dan tupoksi Lembaga Riset di Indonesia.

Perbedaan dasar kebutuhan manusia tersebut dari zaman ke zaman berikutnya adalah **efisiensi** dan **efektivitas** yang bermuara pada mutu/kualitas yang lebih tinggi dan perhatian yang lebih baik pada masalah **lingkungan alam** (*environment*)

Dalam ke-4 era tersebut, era digital sudah dimulai sejak di Era Revolusi Industri 3.0 dan semakin intensif dan masif di Era Revolusi Industri 4.0 yang bercirikan *Cyber-Physic System* (CPS) yang memungkinkan konektivitas tinggi perangkat/sistem secara *online* menggunakan IoT dan pertukaran data/informasi antara perangkat, mesin dan manusia secara *realtime*

Bumi kebutuhan tersebut masih sama seperti yang digambarkan oleh Abraham Maslow (1943)^[2]. Perbedaan dasar kebutuhan manusia tersebut dari zaman ke zaman berikutnya adalah **efisiensi** dan **efektivitas** yang bermuara pada mutu/kualitas yang lebih tinggi dan perhatian yang lebih baik pada masalah **lingkungan alam** (*environment*). Peningkatan efisiensi dan efektivitas tersebut membawa konsekuensi pada perlunya inovasi pada berbagai hal untuk memenuhi kebutuhannya seperti teknologi untuk industri yang dikemas dalam seri era rentang waktu 100-an tahun: “**Era Revolusi Industri 1.0–4.0**”^[3]. Pembagian era ini dikenalkan pertama kali ke publik di **acara Hannover Fair tahun 2011 oleh German Scientific Industry-Researcher Alliance** yang kemudian merebak menjadi acuan industri di seluruh dunia. Penggunaan teknologi era industri terkini berpotensi menghasilkan produk dengan mutu lebih baik, lebih kompleks, biaya lebih murah dengan waktu relatif lebih singkat dan penggunaan energi proses lebih hemat/ramah lingkungan, sehingga produknya di pasar menjadi lebih kompetitif. Di periode waktu yang sama dengan Industri 4.0, Pemerintah Jepang pada tahun 2016 mengenalkan *Society 5.0/Super Smart Society* (Masyarakat Digital)^[4] dengan spirit bahwa manusia tetap menjadi pengendali teknologi. Dalam ke-4 era tersebut, era digital sudah dimulai sejak di Era Revolusi Industri 3.0 dan semakin intensif dan masif di Era Revolusi Industri 4.0 yang bercirikan *Cyber-Physic System* (CPS) yang memungkinkan konektivitas tinggi

perangkat/sistem secara *online* menggunakan IoT dan pertukaran data/informasi antara perangkat, mesin dan manusia secara *realtime*^[5]. *Cyber-Physic System* ini mengandung 3 hal: otomatis, pintar/cerdas/intelijen, dan konektivitas. Otak dalam unit-unit fasilitas produksi dalam sistem yang memenuhi ke-3 hal tersebut adalah AI dengan konektor komunikasi informasinya adalah IoT yang memungkinkan unit fasilitas produksi, produk dan manusia terkoneksi aktif satu dengan lainnya. Fasilitas produksi dan pendukungnya yang berteknologi Industri 4.0 sebagai komplemen Industri 3.0 ini antara lain^[6] **AI** (kategori: *Artificial Narrow Intelligent/ANI, Artifical General Intelligent/AGI, Artificial Super Intelligent/ASI*; tipe: *Machine Learning, Natural Language Processing (NLP), Neural Network/Deep Learning, Robotic), Advanced Robotic/COBOT, 3DP/AMT, AR/VR/MR, IoT, Big Data & Analytic, Cyber Security, Cloud Computing, e-AGV/UAV-Drone, Fintech, Web3-Blockchain-Metaverse-Quantum Computing* (transisi ke Era Industri 5.0). Teknologi-teknologi yang pada awalnya digunakan untuk industri manufaktur ini kemudian sebagian teknologi diadopsi untuk memenuhi peningkatan mutu kebutuhan manusia **di berbagai sektor lain seperti di sektor pendidikan/pengembangan sdm, pemerintahan, dan sektor lainnya**. Kunci digitalisasi ini ada di kapasitas teknologi informasi dan komunikasinya (TIK). Namun, proses olah/komputasi dan transmisi informasi dengan kecepatan laju *byte/second* (bps) ini perlu dukungan *hardware*

Teknologi-teknologi yang pada awalnya digunakan untuk industri manufaktur ini kemudian sebagian teknologi diadopsi untuk memenuhi peningkatan mutu kebutuhan manusia **di berbagai sektor lain seperti di sektor pendidikan/pengembangan sdm, pemerintahan, dan sektor lainnya**.

dan *software*. Teknologi pendukung TIK ini dikenal dengan nama platform teknologi G1, G2, G3, G4, G5, G6 dan seterusnya dengan kecepatan internet yang semakin tinggi. G6 memfasilitasi kecepatan transmisi lebih tinggi, ragam dan volume informasi lebih besar dibandingkan dengan G5. Oleh karena itu penerapan teknologi era industri (TX.0) dengan konektor IoT harus selaras dengan dukungan TIK (GX) agar diperoleh efisiensi dan efektivitas maksimal.

Di sinilah tantangan Indonesia karena saat ini fasilitas pendukung internet (*mobile & fixed broadband*) kecepatannya masih rendah bahkan terendah di ASEAN. Di balik semua teknologi yang otak kepintarannya AI ini, sistem operasinya didukung oleh: **(1) *electronic microchip*** (ukuran 2–7 nm)^[7] berbahan baku **material semikonduktor** (germanium, gallium, material tanah jarang) dan material lain (*gold, copper*); dan *microchip* generasi terbaru; **(2) *photonic/quantum microchip*** (ukuran < 1 nm) berbahan baku ***iridium phosphide* atau *gallium arsenide***^[8]. Proses produksi *microchip* saat ini menggunakan teknologi *PhotoLithography* (DUV/Deep Ultra Violet/wavelength 193 nm atau yang lebih akurat EUV/Extreme Ultra Violet/wavelength 1,35 nm) atau NIL/*Nano Imprint Lithography*^[9]. Sedangkan alat penyimpan sumber energi bersihnya menggunakan baterai dengan berbagai teknologi (*solid state, LCSNIZ-based*) dan aneka bahan baku (LCSNIZ/lithium/cobalt/sodium/nickel/iron/zinc)^[10]. **Tambang material-material semikonduktor dan baterai tersebut sebagian**

Teknologi pendukung TIK ini dikenal dengan nama platform teknologi G1, G2, G3, G4, G5, G6 dan seterusnya dengan kecepatan internet yang semakin tinggi. G6 memfasilitasi kecepatan transmisi lebih tinggi, ragam dan volume informasi lebih besar dibandingkan dengan G5.

terdapat di alam Indonesia dengan cadangan besar yang dapat diolah menjadi bahan baku industri hilir oleh industri hulu (**industri tambang dan industri pengolah/smelting**) dengan SDM Indonesia kompeten dan dukungan R&D yang ada di universitas, lembaga riset dalam negeri dan industri sendiri. Melihat perkembangan teknologi digital yang sangat pesat dengan AI menjadi otak semua sistem yang ada dan R&D menjadi motor inovasinya, maka kedua topik ini akan dibahas lebih dalam pada sesi berikut dan perlu menjadi bagian penting dalam membangun SDM Indonesia kini dan masa depan.

2.1.1. *Artificial Intelligent (AI)*

Artificial Intelligence (AI), atau kecerdasan buatan, adalah teknologi yang memiliki potensi untuk menjadi alat yang sangat bermanfaat dalam banyak aspek kehidupan manusia. Sebagai alat, AI memiliki berbagai aspek positif yang dapat membantu manusia hidup lebih mudah, efisien, dan efektif. **AI merupakan kemajuan teknologi yang memberdayakan komputer atau robot yang dikendalikan oleh komputer untuk melaksanakan tugas-tugas yang biasanya disimpan untuk kecerdasan dan penalaran manusia.** Meskipun AI mungkin tidak dapat mereplikasi semua kemampuan manusia, ia dapat unggul dalam domain-domain tertentu. Penyebaran AI dalam masyarakat telah meningkat^[11]. Akibatnya, AI menemukan tempatnya

Tambang material-material semikonduktor dan baterai tersebut sebagian terdapat di alam Indonesia dengan cadangan besar yang dapat diolah menjadi bahan baku industri hilir oleh industri hulu (industri tambang dan industri pengolah/ *smelting*) dengan SDM Indonesia kompeten dan dukungan R&D yang ada di universitas, lembaga riset dalam negeri dan industri sendiri.

AI merupakan kemajuan teknologi yang memberdayakan komputer atau robot yang dikendalikan oleh komputer untuk melaksanakan tugas-tugas yang biasanya disimpan untuk kecerdasan dan penalaran manusia.

Kemunculan teknologi AI mewakili penemuan penting dalam era yang cepat dan didorong oleh teknologi.

dalam kehidupan kita melalui aplikasi seperti asisten pribadi, pengenalan suara, layanan kesehatan, terjemahan bahasa, sistem rekomendasi, navigasi, kendaraan otonom, jaminan sosial, perdagangan elektronik, layanan keuangan, keamanan siber, media sosial, moderasi konten, dan aplikasi robot berharga^[11]. **Kemunculan teknologi AI mewakili penemuan penting** dalam era yang cepat dan didorong oleh teknologi. Ini menyerupai otak manusia yang telah berevolusi, dan penggunaannya yang efektif telah memainkan peran signifikan dalam transformasi sosial. Pengenalan suara, layanan kesehatan, kendaraan otonom, perdagangan *online*, layanan keuangan, dan pengelolaan konten adalah beberapa contoh tugas yang saat ini dijalankan oleh kecerdasan buatan (AI) yang sebelumnya dilakukan oleh manusia^[12].

Potensi aplikasi AI mencakup berbagai industri, termasuk kesehatan, perbankan, dan pendidikan, dan dampaknya terhadap masyarakat telah menjadi fokus penelitian dan penulisan yang ekstensif dalam beberapa tahun terakhir

AI semakin menjadi teknologi yang mendominasi dalam masyarakat, mengambil alih peran-peran yang biasanya dilakukan oleh manusia. **Aplikasi kecerdasan buatan dalam pengelolaan dokumen mencakup beberapa area.** Sistem rekam medis elektronik memungkinkan organisasi, penyimpanan, dan pengambilan informasi profesional kesehatan secara efisien. Dengan bantuan alat Pemrosesan Bahasa Alami (*Natural Language Processing/NLP*), dokter dan praktisi kesehatan dapat mentranskripsi rekaman suara, yang secara signifikan mempercepat pembuatan laporan. **Potensi aplikasi AI mencakup berbagai industri, termasuk kesehatan, perbankan, dan pendidikan, dan**

□ —————

dampaknya terhadap masyarakat telah menjadi fokus penelitian dan penulisan yang ekstensif dalam beberapa tahun terakhir^[13]. Dalam konteks kecerdasan buatan di sektor kesehatan, timbul kebutuhan akan tenaga kesehatan karena pertumbuhan populasi lanjut usia yang meningkat. Sumber daya yang memadai harus diperoleh untuk mempekerjakan staf kesehatan. Penerapan teknologi yang rasional telah menjadi hal yang penting untuk mengatasi permintaan akan layanan kesehatan dalam keterbatasan sumber daya. Kecerdasan buatan juga digunakan dalam manajemen kesehatan secara keseluruhan, seperti yang diilustrasikan dengan penggunaan kecerdasan buatan dalam mengelola data MHRS dan denyut jantung. Kemampuan AI telah dimanfaatkan dalam sektor kesehatan untuk membantu administrasi kesehatan, deteksi penyakit dini, pengelolaan dokumen, dan bedah robot^[14]. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi AI seperti sistem rekam medis elektronik dan pemrosesan bahasa alami memiliki potensi untuk meningkatkan layanan kesehatan dengan mengurangi waktu tunggu dan standardisasi waktu respons ambulans^[15]. Selain itu, teknologi bedah robot yang didukung AI, seperti Sistem Bedah Da Vinci, telah menjadi populer dan memiliki potensi untuk merevolusi prosedur bedah^[16]. Dokter dan profesional kesehatan dapat menggunakan aplikasi berbasis kecerdasan buatan untuk merekam catatan suara, yang menghasilkan pembuatan laporan yang jauh lebih cepat. Selain itu, peran kecerdasan buatan dalam manajemen

Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi AI seperti sistem rekam medis elektronik dan pemrosesan bahasa alami memiliki potensi untuk meningkatkan layanan kesehatan dengan mengurangi waktu tunggu dan standardisasi waktu respons ambulans. Selain itu, teknologi bedah robot yang didukung AI, seperti Sistem Bedah Da Vinci, telah menjadi populer dan memiliki potensi untuk merevolusi prosedur bedah.

Robot juga dapat membantu dalam prosedur bedah, dengan sistem bedah Da Vinci menjadi salah satu sistem bedah robot paling populer.

Selain itu, aplikasi AI telah banyak diadopsi di sektor perbankan dan keuangan untuk memberikan informasi pasar *real-time*, menawarkan layanan perbankan *mobile* dan internet, serta meningkatkan komunikasi.

dokumen adalah sebagai berikut: sistem rekam medis elektronik memungkinkan organisasi, penyimpanan, dan penggunaan ulang informasi profesional kesehatan dengan efisien. Dengan bantuan alat Pemrosesan Bahasa Alami (NLP), dokter dan profesional kesehatan dapat merekam catatan suara, yang menghasilkan pembuatan laporan yang jauh lebih cepat.

Area lain di mana AI digunakan adalah diagnosis dini dan intervensi darurat, terutama untuk penyakit seperti kanker, di mana deteksi dini sangat penting. Berbagai algoritma kecerdasan buatan digunakan untuk memprediksi penyakit pada tahap awal. Sebagai contoh, penyakit Parkinson memerlukan diagnosis dini, dan AI telah digunakan dalam sebuah studi untuk mengklasifikasikan individu sebagai sakit, memerlukan obat, atau sehat menggunakan sinyal EEG, simulasi foto, dan data PDC. Aplikasi yang lain berupa bedah robot yang didukung AI, yang kini sedang diterapkan di rumah sakit terpilih. Bedah semacam ini dapat dilakukan dari mana saja di dunia, mengatasi batasan geografis. Robot juga dapat membantu dalam prosedur bedah, dengan sistem bedah Da Vinci menjadi salah satu sistem bedah robot paling populer.

Selain itu, **aplikasi AI telah banyak diadopsi di sektor perbankan dan keuangan** untuk memberikan informasi pasar *real-time*, menawarkan layanan perbankan *mobile* dan internet, serta meningkatkan komunikasi. Dengan kemajuan

□ —————

teknologi, bank telah mengintegrasikan inovasi ini untuk menyederhanakan kehidupan masyarakat, bersama dengan alat teknologi multifungsi. Perbankan elektronik telah berkembang dari alat dasar seperti ATM dan perangkat POS menjadi sistem yang lebih efisien dan beragam. Aplikasi perbankan elektronik, seperti perbankan internet, perbankan *mobile*, dan kios, tersedia secara luas untuk pelanggan. Teknologi keuangan, atau *fintech*, adalah konvergensi layanan keuangan dan inovasi teknologi, termasuk alat pembayaran seluler dan transfer uang. **Di bidang pendidikan**, kecerdasan buatan mencakup berbagai aplikasi selain sistem berbasis pengetahuan, termasuk AI berbasis data dan logika. Aplikasi ini meliputi pendidikan yang dipersonalisasi dan sistem pembelajaran berbasis dialog, hingga pendidikan eksploratif, penambahan data di pendidikan, dan analisis esai siswa. Agen pintar, *chatbot*, pendidikan untuk anak-anak dengan kebutuhan khusus, interaksi anak-dengan-robot, sistem penilaian berbasis AI, dan sistem pembuatan tes otomatis juga merupakan bagian dari aplikasi pendidikan AI. Industri keuangan juga telah melihat pengaruh signifikan dari kecerdasan buatan, terutama dalam riset pasar, perbankan seluler, dan sistem pembayaran digital. Kontribusi AI dalam pengembangan *fintech*, termasuk inovasi seperti alat pembayaran seluler, transfer uang, dan dompet digital, telah didokumentasikan secara luas dalam karya-karya yang diterbitkan^[17]. Di bidang pendidikan, AI telah membuka peluang baru seperti

Di bidang pendidikan, kecerdasan buatan mencakup berbagai aplikasi selain sistem berbasis pengetahuan, termasuk AI berbasis data dan logika.

Di antara aplikasi AI paling banyak digunakan dalam pendidikan adalah sistem pengajaran cerdas, terutama dalam mata pelajaran dengan struktur numerik seperti matematika dan fisika.

Namun demikian ada kekhawatiran yang paling signifikan adalah penggantian pekerjaan, gangguan dalam pasar tenaga kerja, ancaman terhadap hak privasi individu, dan ketidaksetaraan ekonomi dan gender. Teknologi AI harus dikembangkan dalam kerangka etika dan harus bertujuan untuk mengatasi masalah-masalah sosial.

analisis data, platform pengajaran cerdas, dan pembelajaran yang dipersonalisasi^[18].

Di antara aplikasi AI paling banyak digunakan dalam pendidikan adalah sistem pengajaran cerdas, terutama dalam mata pelajaran dengan struktur numerik seperti matematika dan fisika. Sistem-sistem ini menawarkan platform pengajaran langkah demi langkah yang disesuaikan dengan tingkat kecakapan setiap siswa. Sistem Scholar adalah contoh terkenal dari sistem pengajaran cerdas, yang menggunakan teknik dasar kecerdasan buatan untuk memberikan tanggapan yang disesuaikan dengan jawaban siswa. Sistem instruksional cerdas, khususnya, adalah aplikasi AI yang banyak digunakan dalam pendidikan, memberikan pengalaman pembelajaran yang dipersonalisasi sesuai dengan tingkat kecakapan masing-masing siswa.

Meskipun AI sangat potensial dalam peningkatan produktivitas, pertumbuhan ekonomi, pengurangan kesalahan manusia, dan penciptaan peluang pekerjaan baru, serta menumbuhkan tantangan yang terkait dengan integrasi AI dalam masyarakat. **Namun demikian ada kekhawatiran yang paling signifikan** adalah penggantian pekerjaan, gangguan dalam pasar tenaga kerja, ancaman terhadap hak privasi individu, dan ketidaksetaraan ekonomi dan gender. **Teknologi AI harus dikembangkan dalam kerangka etika dan harus bertujuan untuk mengatasi masalah-masalah sosial.** Perkembangan tentang kecerdasan

buatan telah mencakup beragam aplikasi di berbagai bidang dan telah mengeksplorasi potensi konsekuensi positif dan negatif yang mungkin dimiliki AI terhadap masyarakat. Temuan dalam bidang ini menekankan pentingnya pengembangan dan penggunaan teknologi AI yang bertanggung jawab untuk memaksimalkan manfaat dan mengurangi dampak yang merugikan.

Kemungkinan Ancaman AI

Penting untuk diingat bahwa AI juga dapat membawa beberapa tantangan dan risiko, termasuk masalah privasi, keamanan data, dan potensi penggantian pekerjaan manusia. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan AI perlu diawasi dan diatur dengan bijak untuk memastikan bahwa teknologi ini digunakan untuk kepentingan manusia dan tidak memberikan dampak negatif yang signifikan. Beberapa aspek yang memungkinkan adanya ancaman bagi AI di antaranya: **Keamanan Data dan Privasi, Penggantian Pekerjaan, Bias dan Diskriminasi.** Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa AI adalah alat yang sangat kuat yang memiliki potensi besar untuk memberikan manfaat luar biasa kepada kemanusiaan dalam banyak cara. Namun, untuk memaksimalkan manfaat ini dan mengatasi potensi ancamannya, penting untuk memiliki pengawasan yang tepat, etika dalam pengembangan dan penggunaan AI, serta regulasi yang baik. Dengan perencanaan yang cermat dan pengawasan yang tepat, AI memiliki potensi besar

Beberapa aspek yang memungkinkan adanya ancaman bagi AI di antaranya: Keamanan Data dan Privasi, Penggantian Pekerjaan, Bias dan Diskriminasi.

untuk menjadi penolong eksistensi kemanusiaan dengan memberikan solusi yang efisien dan inovatif untuk banyak tantangan yang dihadapi manusia di berbagai bidang kehidupan. Dengan pendekatan yang bijaksana, AI bisa menjadi penolong yang sangat berharga bagi eksistensi kemanusiaan.

2.1.2. Riset dan Pengembangan (R&D) dan Transfer Teknologi

Oleh karena itu, sinergi/kolaborasi antara DUDI dengan sekolah dan perguruan tinggi dalam R&D Era Industri 4.0 yang *link-match* dengan lapangan kerja menjadi penting

Motor utama kemajuan IPTEK dan penerapannya di berbagai bidang, termasuk dunia usaha dan dunia industri (DUDI) ini adalah inovasi, sedangkan dasar inovasi adalah riset (R&D), dan riset merupakan salah satu darma Perguruan Tinggi dan tupoksi Lembaga Riset. Oleh karena itu, sinergi/kolaborasi antara DUDI dengan sekolah dan perguruan tinggi dalam R&D Era Industri 4.0 yang *link-match* dengan lapangan kerja menjadi penting. Terkait dengan R&D di Indonesia, terdapat beberapa institusi negeri dan swasta yang berperan sebagai pendana R&D (pemilik dana dan regulasi) dan pelaku R&D seperti BRIN, LPDP, DIKTI/Kementerian Pendidikan, Kebudayaan dan Ristek, Perguruan Tinggi (negeri dan swasta) dan industri/bisnis (BUMN dan swasta) yang posisinya dalam rentang Siklus Riset-Teknologi saat ini tidak jelas sehingga terjadi tumpang-tindih meskipun untuk mencapai target TKT (Tingkat Kesiap-terapan Teknologi) sama. Untuk melahirkan teknologi, proses mengikuti kurva Siklus Riset-Teknologi yang dimulai dari Riset

□ —————

Dasar (TKT 1–3; publikasi/model/prototype P1), Riset Terapan (TKT 4–7; *Prototype P1/P2/P3* dan proteksi HKI), Transfer Teknologi dan Inkubasi/Akselerasi di *Techno Park* (TKT 8), Produksi dan Komersialisasi (TKT 9) oleh *Bisnis Start-Up* atau UMKM/B (produksi, distribusi, penjualan). Intensifikasi utilitas TTO (*Technology Transfer Office*)-TLO (*Technology Licencing Office*) dan *Incubator/Accelerator* penting untuk mempercepat proses hilirisasi dan komersialisasi produk. Saat ini di Indonesia terdapat 49 KST (Kawasan *Science Techno Park*), 137 PUI (Pusat Unggulan Iptek), tersebar di Pulau Jawa, Sumatra, Kalimantan, Sumbawa, dan Papua, dan 730-an Lembaga R&D (300-an di Pemerintah, 300-an di PT, 130-an di Industri)^[19].

Namun tidak satu pun yang terkait dengan KST/PUI Mineral dan Tambang yang mendukung industri hulunya.

Namun tidak satu pun yang terkait dengan KST/PUI Mineral dan Tambang yang mendukung industri hulunya. Terdapat **6 tantangan**: (1) Intensifikasi infrastruktur R&D yang ada saat ini (49 KST, 137 PUI dan 730 Lembaga Riset) dan perlu adanya KST/PUI Mineral dan Tambang; (2) Alokasi PDB untuk R&D yang tertuang dalam GERD (*Gross Expenditure on R&D*) 0,24% PDB dan Jumlah SDM periset sekitar 250-an perjuta penduduk (2022)^[20] terlalu kecil untuk mampu melahirkan banyak teknologi. Posisi GERD Indonesia masih paling rendah di ASEAN. Meskipun angka jumlah periset ini perlu dikoreksi dengan menambahkan jumlah dosen perguruan tinggi (4.432 PT/42.319 Prodi)^[21] mengingat dosen juga berperan sebagai periset sesuai Tridarma PT. Dana riset dalam GERD tersebut

tersebar di Lembaga Riset dibawah BRIN, DIKTI, dan LPDP, sehingga dana per topik riset terlalu kecil untuk mewujudkan teknologi dengan TKT 9 (dari skala 1-9); (3) Tata kelola dana riset kaku dan tumpang-tindih posisi pengelola riset. Tata kelola dana riset bersumber APBN disamakan dengan pengelolaan dana non-riset akibatnya pengadaan barang dan jasa kebutuhan riset terlambat tidak sesuai dengan jadwal dan peneliti lelah dengan administrasi serta capaian riset rendah. Sedangkan dari ke-3 pengelola dana riset APBN untuk TKT 1–9, yaitu BRIN, DIKTI, dan LPDP, BRIN dan DIKTI mengelola TKT sama 1–9 yang berpotensi topik riset sama dikerjakan 2 institusi. Di samping itu, tidak ada standar biaya sesuai dengan capaian TKT antar-institusi pendana riset satu dan lainnya, sehingga terjadi ketimpangan capaian. Contoh untuk mencapai TKT sama, dengan dana riset LPDP berbeda dengan DIKTI dan berasumsi bahwa peralatan laboratorium sudah dimiliki institusi periset; (4) Luaran riset tidak fokus sesuai kebutuhan negara untuk penumbuh-kembang ekonomi maju. Mayoritas luaran hanya berupa publikasi jurnal/prosiding dan bukan *prototype* P3/Beta *Prototype* dan KI-Industri (paten, desain industri, hak cipta *software*, merek); (5) Skema riset kemitraan/padanan (pendanaan bersama) yang ada saat ini baik yang didanai LPDP maupun DIKTI hanya mengakomodasi mitra riset dengan perusahaan yang sudah ada di Indonesia saja (BUMN, swasta) yang belum tentu bisnisnya sesuai dengan topik riset baru yang belum

ada perusahaannya di Indonesia sehingga tidak ada mitra, atau dengan kata lain skema riset tersebut tidak mewadahi tumbuhnya industri baru/*start up* teknologi maju yang berbasis *frontier research*. Beberapa contoh *frontier research* TKT 6–9 untuk pendukung teknologi Industri 4.0 yang tidak memiliki mitra industri dalam skema riset kemitraan saat ini seperti material germanium/*gallium/silicon crystal* untuk bahan baku *electronic microchip* (klaster elektronik/semikonduktor)^[22]; nikel, *lithium, cobalt* untuk baterai^[23] dan *nickel titanium alloy, stainless steel 316* untuk *biomedical metal*^[24]; *silica* untuk bahan *silicon wafer photovoltaic* dan *glass temper solar panel* (klaster Energi Terbarukan)^[25]; material tanah jarang (*rare earth materials*)/besi/*Fe/copper* untuk magnet motor DC/AC^[26]; keramik maju untuk *bearing* tahan gesekan dan suhu tinggi^[27], *graphite* untuk *graphene*^[28], dan industri *smart material* lainnya.

Frontier research penting lainnya yang tidak memiliki mitra industri seperti riset satelit, roket, UAV. Riset ini pernah dirintis DIKTI dan LAPAN melalui program INSPIRE (*Indonesian Nano Satellite Program Initiative Research for Education*) dan INUSAT, dan berhenti tahun 2013. Satelit, roket, dan UAV (termasuk *drone*) dengan berbagai aplikasinya saat ini telah terbukti manfaatnya dan menjadi alat penting saat ini dan masa depan. Selain itu, perusahaan mitra riset yang telah ada perlu didorong dengan regulasi untuk berbagi dana *cash* (saat ini mayoritas *in kind*), mengingat perguruan

Frontier research penting lainnya yang tidak memiliki mitra industri seperti riset satelit, roket, UAV. Riset ini pernah dirintis DIKTI dan LAPAN melalui program INSPIRE (*Indonesian Nano Satellite Program Initiative Research for Education*) dan INUSAT, dan berhenti tahun 2013. Satelit, roket, dan UAV (termasuk *drone*) dengan berbagai aplikasinya saat ini telah terbukti manfaatnya dan menjadi alat penting saat ini dan masa depan.

Jika ini tercapai, harapan Indonesia menjadi negara maju, makmur, sejahtera, dan bahagia di usia Indonesia 100 tahun (Indonesia Emas 2045) akan terjadi.

tinggi atau lembaga riset yang didukung dana DIKTI atau LPDP menyediakan *cash*. Agar pelaksanaan riset lebih terstruktur, penggunaan dana lebih efisien, dan target capaian lebih efektif, maka posisi institusi pendana, TKT dan fokus/topik riset perlu ditata ulang secara nasional sehingga tidak terjadi dobel sumber dana untuk satu topik riset dan sebaliknya. Misalnya topik riset, TKT (1–3, 4–6, 7–9, *start up*) vs dana (Rp), nama institusi pemilik dana, target capaian; (6) Selain itu modernisasi fasilitas riset dengan teknologi terkini sudah menjadi kewajiban negara sesuai amanat undang-undang jika Indonesia ingin cepat maju. Modernisasi fasilitas riset ini akan mendukung pertumbuhan ekonomi > 6% dengan laju inflasi rendah saat Indonesia mendapatkan bonus demografi yang puncaknya diprediksi terjadi di tahun 2035. Jika ini tercapai, harapan Indonesia menjadi negara maju, makmur, sejahtera, dan bahagia di usia Indonesia 100 tahun (Indonesia Emas 2045) akan terjadi. Sekali Indonesia berstatus negara maju dan terjaga pertumbuhannya, maka harapan masyarakat pada kemakmuran dan kesejahteraan yang berkeadilan yang akhirnya bahagia dengan 5 sila Pancasila akan terwujud.

2.2. Transformasi Digital

Memang tidak dapat dimungkiri bahwa teknologi digital ini memberikan benefit pada sistem yang mengadopsinya menjadi lebih efisien dan efektif serta lebih ramah lingkungan. Namun

faktanya, belum semua negara memiliki 100% sistem digital **termasuk Indonesia** sehingga transformasi digital perlu dilakukan di Indonesia dengan tahapan yang jelas dan terukur, mengingat berbagai sektor kehidupan dan penggerak tumbuh-kembang ekonomi Indonesia mayoritas masih didominasi sistem analog yang cenderung kurang efisien dan efektif. Sementara itu sebagai teknologi yang padat modal (*technology intensive*), teknologi digital lahir dan tumbuh kembang menjadi produk komersial umumnya di negara maju (kelompok negara G7) yang distribusinya ke negara belum maju dan berkembang tidak merata, karena tergantung pada kemampuan finansial dan infrastruktur pendukung negara bersangkutan. Di Indonesia, proses transformasi digital 10 sektor^[29] juga sedang berlangsung antara lain sektor Pendidikan/ pengembangan sumber daya manusia (SDM), industri-bisnis-ekonomi, pemerintahan, dan lainnya.

Namun faktanya, belum semua negara memiliki 100% sistem digital termasuk Indonesia sehingga transformasi digital perlu dilakukan di Indonesia dengan tahapan yang jelas dan terukur, mengingat berbagai sektor kehidupan dan penggerak tumbuh-kembang ekonomi Indonesia mayoritas masih didominasi sistem analog yang cenderung kurang efisien dan efektif.

2.2.1. Transformasi Digital Sektor Pendidikan/Pengembangan SDM

Relevan dengan kreativitas dan inovasi yang hasil teknologinya berpotensi untuk hulunisasi-hilirisasi kekayaan alam Indonesia menjadi produk jadi, maka pengembangan SDM unggul berkarakter inovator yang mampu menciptakan sistem termasuk produk/lapangan kerja/kebijakan/regulasi (C), maupun yang mampu mengoperasikan sistem (O) dan merawat sistem yang diciptakan (R), juga lulusan

Pendidikan yang berkualitas didukung oleh guru/dosen kompeten adaptif perkembangan zaman, fasilitas belajar/mengajar dan fasilitas riset berteknologi terkini, pendanaan cukup (GERD > 2% PDB), kelembagaan yang efektif dan iklim akademik kondusif.

yang siap melanjutkan studi ke jenjang lebih tinggi (S), berbudi, unggul, cerdas, kreatif, terampil, berjiwa inovatif, berkewirausahaan sosial, dan mandiri atau karakter CORS plus menjadi penting. Oleh karena itu, dalam membangun/mengembangkan SDM kompeten (*attitude, knowledge, skills*) berkarakter CORS Plus ini, pendidikan berbagai jenjang (SKKNI) yang berkualitas sesuai perkembangan zamannya menjadi sangat penting. Pendidikan yang berkualitas didukung oleh **guru/dosen kompeten adaptif perkembangan zaman, fasilitas belajar/mengajar dan fasilitas riset berteknologi terkini, pendanaan cukup (GERD > 2% PDB), kelembagaan yang efektif dan iklim akademik kondusif**. Namun, mengingat tantangan ke depan semakin kompleks dan semakin dinamisnya geopolitik global, maka dunia pendidikan (utamanya SMK, sekolah vokasi dan pendidikan tinggi ilmu dasar dan terapan) perlu diperkuat sinergi/kolaborasinya dengan dunia kerja dengan **dukungan pemerintah dalam hal regulasi/insentif, dana, dan infrastruktur TIK (G5/G6 dan internet mobile/fixed broadband berkecepatan tinggi)**. Sinergi kuat antarpemangku kepentingan ini menjadikan lulusannya akan memiliki kompetensi sesuai karakter CORS Plus **Era Digital**.

AI dengan perkembangannya yang sangat pesat dengan berbagai teknologi yang mendasarinya, meskipun ada pro (bermanfaat untuk manusia) dan kontra (mengancam eksistensi manusia) dalam pengembangan dan penerapannya di berbagai sektor, logika berpikir AI perlu dikenalkan di dunia

□ —————
pendidikan sejak sekolah dasar/SD. Di UGM sendiri sudah berdiri dan beroperasi Pusat Riset AI di FT/DTETI dan FMIPA/Komputer. AI juga telah menjadi mata kuliah wajib dan pilihan.

Secara umum, pendidikan Era Industri 4.0/ *Society* 5.0 memiliki karakteristik utama di antaranya: (1) Pendidikan Berbasis Teknologi, (2) AI dalam Pendidikan, (3) Pembelajaran Berbasis Proyek dan Kolaboratif, (4) Pendidikan Seumur Hidup, (5) Pendidikan Inklusif, (6) Pendidikan berkelanjutan tentang Teknologi, (7) Pengembangan Keterampilan *Soft Skills*, (8) Fokus pada Kesejahteraan Siswa/ Peserta Didik. Pendidikan Era *Society* 5.0 ini adalah respons terhadap tuntutan masyarakat yang semakin terhubung dan teknologi yang berkembang pesat yang tujuannya adalah menciptakan individu yang siap menghadapi tantangan masa depan, memiliki pemahaman tentang teknologi, dan mampu berkontribusi dalam masyarakat yang semakin kompleks dan berubah. Proses transformasi dunia pendidikan di Indonesia dengan kompetensi 8 karakter tersebut sedang berlangsung.

Khusus perguruan tinggi yang di Indonesia jumlahnya 4.432 (42.319 prodi)^[30] dengan SDM, fasilitas dan Tridarmanya (pendidikan, riset, dan pengabdian kepada masyarakat) jika bersinergi/berkolaborasi (efektif, efisien, dan terarah) dengan BRIN, DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri) dan organisasi profesi (PII, IAGI, AIP, dan lain-lain), dengan dukungan pendanaan cukup (*Gross*

Pendidikan Era *Society* 5.0 ini adalah respons terhadap tuntutan masyarakat yang semakin terhubung dan teknologi yang berkembang pesat yang tujuannya adalah menciptakan individu yang siap menghadapi tantangan masa depan, memiliki pemahaman tentang teknologi, dan mampu berkontribusi dalam masyarakat yang semakin kompleks dan berubah. Proses transformasi dunia pendidikan di Indonesia dengan kompetensi 8 karakter tersebut sedang berlangsung.

Expenditure of R&D/GERD > 2% PDB; politik stabil) dan regulasi/insentif kondusif, akan berpotensi **mampu menyelesaikan masalah yang dihadapi masyarakat/bangsa/negara** (tercukupinya lapangan kerja, pangan, energi, dan lain-lain), **melewati puncak bonus demografi 2035** (usia produktif 15–64 tahun > 60%)^[31], **sehingga Indonesia di berbagai sektor akan maju.**

Di sektor pengembangan SDM ini: pendidikan PAUD, dasar, menengah, dan perguruan tinggi (pada berbagai jenjang di SKKNI: pendidikan sarjana dan terapan/vokasi), proses transformasi digital sedang berlangsung, meskipun banyak juga tantangannya. Pada tahun 2023 ini baru mulai diterapkan pada proses penyelenggaraan pendidikan termasuk proses belajar mengajar dan penyesuaian kurikulum dengan silabusnya agar lulusannya memiliki kompetensi dan karakter CORS Plus sesuai dengan kebutuhan Era Industri 4.0/5.0. Karakter CORS Plus yang mampu berpikir dengan logika desain/kritis/sistem (*design/critical/system-thinking*) semacam ini sangat diperlukan dalam mendukung kemajuan dan kedaulatan Indonesia di berbagai sektor di era disruptif teknologi atau Era Industri 4.0/5.0 dengan teknologi *cyber-physic system*-nya.

Terdapat 2 tantangan besar. Tantangan besar pertama adalah pandemi Covid-19 dan hadirnya AI di dunia pendidikan. Salah satu implementasi konsep digitalisasi pendidikan di Indonesia (dan di hampir semua negara yang terdampak pandemi)

Terdapat 2 tantangan besar.
Tantangan besar pertama adalah pandemi Covid-19 dan hadirnya AI di dunia pendidikan.

adalah proses belajar mengajar secara *online* yang diterapkan di semua jenjang pendidikan (SKKNI) pada semua kelompok bidang keilmuan seperti Sosial-Humaniora, Sains-Teknologi, Agro, dan Kesehatan. Hasil evaluasi penyelenggaraan pendidikan secara *online* ini menunjukkan bahwa: (1) Mutu hasil pembelajaran tidak berbeda secara signifikan untuk kelompok bidang Sosial-Humaniora, sementara mutu kurang baik untuk kelompok bidang keilmuan yang memerlukan praktik untuk melatih keterampilan/motorik; (2) Mental peserta didik cenderung lemah dan mudah depresi (kurang heroik/militer/daya juang rendah). Penerapan metode pembelajaran *online* memberikan kecenderungan cepat bosan bagi peserta didik. Kondisi ini semakin tertantang lagi dengan hadirnya teknologi *Generative-AI* di dunia pendidikan, seperti *ChatBot/ChatGPT* yang pengembangannya berbasis NLP (*Natural Language Processing*). Penggunaan *ChatGPT* untuk membantu menyelesaikan tugas menulis paper, skripsi, tesis, dan disertasi ini berpotensi melanggar aturan asas plagiarisme. Ini merupakan tantangan baru di dunia pendidikan yang perlu diantisipasi dengan regulasi baru tanpa mengurangi mutu pendidikannya.

Terkait dengan hadirnya AI di dunia pendidikan, khususnya Perguruan Tinggi, yang harus selalu beradaptasi dengan perkembangan zaman. Perguruan Tinggi tak lepas dari pengaruh perkembangan teknologi, khususnya AI. Sementara AI membawa sejumlah tantangan, tetapi juga menawarkan peluang yang bisa diterapkan untuk

Terkait dengan hadirnya AI di dunia pendidikan, khususnya Perguruan Tinggi, yang harus selalu beradaptasi dengan perkembangan zaman. Perguruan Tinggi tak lepas dari pengaruh perkembangan teknologi, khususnya AI.

Sementara terkait keterampilan teknologi yang diperlukan, dosen dan staf perlu memiliki pemahaman mendalam tentang bagaimana teknologi AI bekerja, cara mengintegrasikannya ke dalam kurikulum, dan bagaimana memanfaatkannya untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Ini memerlukan pelatihan teknis yang berkelanjutan.

meningkatkan kualitas pendidikan. Terdapat 3 tantangan, yaitu: **(a)** Adaptasi dosen dan staf yang meliputi perubahan paradigma pendidikan, keterampilan teknologi yang diperlukan dan perasaan terancam oleh teknologi. **Di dalam perubahan paradigma pendidikan**, kemunculan AI telah mengubah cara belajar dan mengajar. Dosen kini tidak lagi hanya berperan sebagai satu-satunya sumber informasi, tetapi lebih kepada fasilitator pembelajaran. Ini memerlukan perubahan paradigma dalam pendekatan pengajaran. Sementara terkait **keterampilan teknologi yang diperlukan**, dosen dan staf perlu memiliki pemahaman mendalam tentang bagaimana teknologi AI bekerja, cara mengintegrasikannya ke dalam kurikulum, dan bagaimana memanfaatkannya untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Ini memerlukan pelatihan teknis yang berkelanjutan. Sementara tentang **perasaan terancam oleh teknologi ini**, beberapa dosen mungkin merasa peran mereka terancam oleh teknologi ini, mengingat AI dapat menyediakan informasi dan penjelasan pada topik yang sama seperti yang diajarkan oleh dosen. Menangani kekhawatiran ini memerlukan pendekatan yang mempromosikan kolaborasi antara manusia dan mesin, bukan persaingan; **(b)** Integritas akademik dapat berupa ketergantungan pada teknologi, plagiarisme dan kepemilikan karya, dan autentikasi identitas. Terkait dengan **ketergantungan pada teknologi**: mahasiswa mungkin menjadi terlalu bergantung pada ChatGPT untuk mendapatkan jawaban atau

□ —————

menyelesaikan tugas mereka daripada memahami konsep dengan mendalam. Ini menimbulkan tantangan dalam menilai pemahaman sebenarnya dari mahasiswa. Sedangkan mengenai **plagiarisme dan kepemilikan karya**: dengan mudahnya mengakses informasi melalui ChatGPT, risiko plagiarisme atau pemanfaatan karya orang lain meningkat. Perguruan tinggi perlu memiliki alat dan protokol yang tepat untuk mendeteksi dan mencegah pelanggaran integritas akademik; dan terkait dengan masalah **otentikasi identitas**: dalam *setting* pembelajaran *online* yang didukung oleh teknologi, perguruan tinggi yang bersangkutan perlu memastikan bahwa individu yang mengerjakan tugas atau ujian adalah mahasiswa yang sebenarnya terdaftar; **(c) Investasi infrastruktur** yang dapat berupa kebutuhan *hardware* dan *software*, keamanan data dan privasi, pusat inovasi dan penelitian, dan pelatihan dan dukungan teknis. Terkait dengan **kebutuhan hardware dan software**: implementasi AI memerlukan infrastruktur IT yang kuat, termasuk server berkinerja tinggi, *bandwidth* yang memadai, dan lisensi *software*. Sedangkan dalam hal **keamanan data dan privasi**: dengan meningkatnya penggunaan teknologi, data mahasiswa dan staf menjadi lebih rentan terhadap serangan siber. Perguruan tinggi perlu investasi dalam solusi keamanan siber untuk melindungi data dan informasi pribadi. **Sementara terkait dengan pusat inovasi dan penelitian**: untuk benar-benar memanfaatkan potensi AI, perguruan tinggi mungkin perlu mendirikan pusat inovasi dan penelitian yang

Sementara terkait dengan pusat inovasi dan penelitian: untuk benar-benar memanfaatkan potensi AI, perguruan tinggi mungkin perlu mendirikan pusat inovasi dan penelitian yang fokus pada teknologi pendidikan, di mana dosen, mahasiswa, dan staf bisa berkolaborasi dalam pengembangan solusi berbasis AI untuk pendidikan.

Kesimpulannya, perkembangan AI membawa tantangan kompleks bagi perguruan tinggi, mulai dari adaptasi dosen dan staf, isu integritas akademik, hingga kebutuhan investasi infrastruktur yang signifikan. Meskipun demikian, dengan pendekatan yang strategis dan berorientasi pada masa depan, perguruan tinggi dapat mengatasi tantangan ini dan memanfaatkan teknologi untuk mencapai keunggulan akademik yang lebih besar.

fokus pada teknologi pendidikan, di mana dosen, mahasiswa, dan staf bisa berkolaborasi dalam pengembangan solusi berbasis AI untuk pendidikan. Dan, mengenai **pelatihan dan dukungan teknis**: investasi tidak hanya diperlukan dalam teknologi itu sendiri, tetapi juga dalam pelatihan dosen, staf, dan mahasiswa dalam menggunakan teknologi tersebut. Selain itu, dukungan teknis yang andal juga diperlukan untuk mengatasi masalah atau gangguan teknis. **Kesimpulannya**, perkembangan AI membawa tantangan kompleks bagi perguruan tinggi, mulai dari adaptasi dosen dan staf, isu integritas akademik, hingga kebutuhan investasi infrastruktur yang signifikan. Meskipun demikian, dengan pendekatan yang strategis dan berorientasi pada masa depan, perguruan tinggi dapat mengatasi tantangan ini dan memanfaatkan teknologi untuk mencapai keunggulan akademik yang lebih besar.

Selain tantangan yang harus dihadapi, terdapat peluang yang dapat dimanfaatkan perguruan tinggi antara lain: **(a)** personalisasi pembelajaran (kurikulum yang fleksibel, tutor virtual, analisis pembelajaran). **Kurikulum yang fleksibel**: dengan bantuan AI, perguruan tinggi memiliki peluang untuk menciptakan kurikulum yang adaptif dan merespons kebutuhan individu mahasiswa. Sistem ini dapat secara otomatis menyesuaikan materi ajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar masing-masing mahasiswa. **Tutor virtual**: ChatGPT dan platform AI lainnya dapat dijadikan tutor virtual yang siap membantu mahasiswa 24 jam setiap hari. Ini

memberikan mahasiswa akses ke sumber belajar tanpa batasan waktu dan lokasi. **Analisis pembelajaran:** AI dapat membantu menganalisis performa belajar mahasiswa, memberikan rekomendasi tentang area yang memerlukan perhatian lebih, dan menyediakan sumber daya yang relevan untuk membantu mereka memahami konsep tertentu; **(b) efisiensi proses pendidikan (otomatisasi administrasi dan analisis data mahasiswa).** **Otomatisasi administrasi:** dengan AI, perguruan tinggi dapat mengotomasi berbagai proses administratif, seperti pendaftaran, penjadwalan, atau penilaian, sehingga mengurangi beban kerja staf dan memungkinkan mereka fokus pada tugas-tugas lain yang lebih penting. **Analisis data mahasiswa:** AI dapat membantu dalam mengumpulkan dan menganalisis data mahasiswa untuk memahami tren dan pola, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan kesejahteraan mahasiswa; **(c) penelitian dan inovasi (fasilitas riset berbasis data, kolaborasi interdisipliner dan pusat keunggulan AI).** **Fasilitasi riset berbasis data:** dengan kemampuan AI dalam analisis data besar, peneliti di Perguruan tinggi dapat menggali wawasan dari set data yang kompleks dengan lebih cepat dan akurat. **Kolaborasi interdisipliner:** penerapan AI dalam berbagai bidang studi memungkinkan kolaborasi interdisipliner, di mana dosen dan peneliti dari berbagai fakultas dapat bekerja sama untuk mengembangkan solusi inovatif. **Pusat unggulan AI:** perguruan tinggi dapat mendirikan pusat penelitian yang fokus pada AI.

Otomatisasi administrasi: dengan AI, perguruan tinggi dapat mengotomasi berbagai proses administratif, seperti pendaftaran, penjadwalan, atau penilaian, sehingga mengurangi beban kerja staf dan memungkinkan mereka fokus pada tugas-tugas lain yang lebih penting.

Pengembangan *soft skills*: sementara AI dapat mengambil alih banyak tugas, *soft skills* seperti kreativitas, keterampilan interpersonal, dan pemikiran kritis menjadi semakin penting.

Sementara ini di UGM baru ada PUI AI di FT/DTETI dan FMIPA/Komputer. Selain itu, perguruan tinggi dapat menarik talenta terbaik, dan menjadi pemimpin dalam riset dan inovasi kecerdasan buatan di tingkat nasional dan internasional; dan **(d)** peluang lainnya (keterlibatan industri, pengembangan *soft skills*, dan ekspansi pembelajaran jarak jauh). **Keterlibatan industri:** dengan AI menjadi bagian penting dari berbagai industri, perguruan tinggi memiliki peluang untuk meningkatkan keterlibatannya dengan industri, memungkinkan mahasiswa mendapatkan pengalaman praktik yang relevan dan memperkuat hubungan perguruan tinggi dengan dunia kerja. **Pengembangan *soft skills*:** sementara AI dapat mengambil alih banyak tugas, *soft skills* seperti kreativitas, keterampilan interpersonal, dan pemikiran kritis menjadi semakin penting. Perguruan tinggi dapat memanfaatkan AI untuk memberikan pendidikan yang lebih holistik, mempersiapkan mahasiswa untuk dunia kerja masa depan. **Ekspansi pendidikan jarak jauh:** dengan teknologi seperti ChatGPT, perguruan tinggi dapat menawarkan program pendidikan jarak jauh yang lebih interaktif dan efektif, memperluas jangkauannya ke komunitas yang lebih luas dan menyediakan pendidikan berkualitas untuk semua. Berdasarkan peluang ini dapat disimpulkan bahwa AI menawarkan peluang besar bagi perguruan tinggi untuk inovasi dalam pendidikan, penelitian, dan kolaborasi dengan industri. Dengan memanfaatkan teknologi ini dengan bijak, perguruan tinggi dapat mempertahankan

reputasinya sebagai institusi pendidikan tinggi terdepan dan berkontribusi aktif dalam mendorong kemajuan masyarakat melalui pendidikan dan inovasi. Melihat perkembangan kondisi yang ada tersebut, perguruan tinggi memiliki beberapa strategi yang dapat diadopsi yang meliputi: **(a) Pelatihan berkelanjutan** (program pengembangan profesi, *workshop* dan seminar). **Program pengembangan profesi:** perguruan tinggi dapat menyelenggarakan program pelatihan reguler untuk dosen dan staf dalam bidang AI dan teknologi terkait. Pelatihan ini akan memastikan bahwa tenaga pendidik memiliki pemahaman dan keterampilan terbaru yang relevan dengan perkembangan teknologi. **Workshop dan seminar:** mengundang ahli dari industri dan akademi lain untuk memberikan wawasan dan pengetahuan terbaru mengenai AI dan teknologi pendidikan. Ini memungkinkan pertukaran ide dan praktik terbaik; **(b) Kerja sama dengan industri teknologi** (magang dan peluang kerja, penelitian kolaboratif). **Magang dan peluang kerja:** melalui kerja sama dengan perusahaan teknologi, perguruan tinggi dapat menyediakan peluang bagi mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman praktik di industri terkait, memberi mereka eksposur langsung ke aplikasi dunia nyata dari AI. **Penelitian kolaboratif:** dengan menggabungkan keahlian dari akademisi perguruan tinggi dan profesional industri, ada peluang untuk penelitian bersama yang dapat menghasilkan inovasi baru dalam bidang AI dan teknologi pendidikan; **(c) penguatan etika akademik** (edukasi tentang integritas

Dengan memanfaatkan teknologi ini dengan bijak, perguruan tinggi dapat mempertahankan reputasinya sebagai institusi pendidikan tinggi terdepan dan berkontribusi aktif dalam mendorong kemajuan masyarakat melalui pendidikan dan inovasi.

... dalam era digital, penting bagi mahasiswa untuk memahami apa artinya plagiarisme dalam konteks sumber daya online seperti ChatGPT.

akademik, teknologi pendukung). **Edukasi tentang integritas akademik:** dalam era digital, penting bagi mahasiswa untuk memahami apa artinya plagiarisme dalam konteks sumber daya *online* seperti ChatGPT. *Workshop* dan sesi orientasi dapat diadakan untuk mengedukasi mereka tentang pentingnya integritas akademik. **Teknologi pendukung:** investasi dalam perangkat lunak pendeteksi plagiarisme dan sistem lain yang mendukung integritas akademik akan membantu perguruan tinggi memastikan standar etika yang tinggi di antara mahasiswa dan stafnya; **(d)** Investasi infrastruktur teknologi (*upgrade* fasilitas, keamanan siber/*cyber security*, laboratorium dan pusat penelitian). **Upgrade fasilitas:** pengadaan server berkinerja tinggi, penyimpanan *cloud*, dan perangkat keras lainnya akan memastikan bahwa perguruan tinggi dapat mendukung kebutuhan pengolahan data yang intensif yang diperlukan oleh AI. **Keamanan siber:** dengan meningkatnya penggunaan teknologi, keamanan informasi menjadi sangat penting. Investasi dalam *firewall*, sistem deteksi intrusi, dan protokol keamanan lainnya akan memastikan bahwa data mahasiswa dan institusi tetap aman. **Laboratorium dan pusat penelitian:** pendirian laboratorium khusus AI dan pusat penelitian teknologi akan mendukung penelitian dan inovasi di kampus, serta memberikan mahasiswa akses ke teknologi terdepan; **(e)** Strategi lainnya (forum diskusi interdisipliner dan konsultasi dengan pihak luar). **Forum diskusi interdisipliner:** membuat forum di mana dosen dari berbagai fakultas dapat

berbagi bagaimana mereka menggunakan AI dalam pengajaran dan penelitian mereka, mempromosikan kolaborasi dan pertukaran ide. **Konsultasi dengan pihak luar:** mengundang konsultan atau ahli teknologi untuk memberikan rekomendasi tentang implementasi dan integrasi teknologi terbaru ke dalam sistem perguruan tinggi. Berdasarkan uraian strategi tersebut dapat disimpulkan bahwa dalam menghadapi perkembangan AI, strategi proaktif dan terintegrasi diperlukan oleh perguruan tinggi untuk memastikan institusi tetap relevan, kompetitif, dan etis dalam era digital. Dengan pendekatan yang tepat dan investasi yang bijaksana, perguruan tinggi tidak hanya akan menghadapi tantangan, tetapi juga memanfaatkan peluang yang ditawarkan oleh teknologi ini untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan penelitian.

Tantangan besar kedua adalah **bonus demografi di Era Digital** yang puncaknya akan terjadi di tahun 2030-an^[31] yang berpotensi berdampak pada Indonesia Emas di usia Indonesia 100 tahun di 2045. Populasi penduduk usia produktif (15–64 tahun) di atas 60% di bonus demografi ini membutuhkan pendidikan, sandang, pangan, papan, kesehatan, dan kebutuhan manusia lainnya yang jumlah, ragam, dan volumenya besar. Kebutuhan ini akan dapat dipenuhi sendiri jika penduduk usia kerja memiliki pekerjaan sesuai dengan kualifikasi pendidikannya. Di sinilah pentingnya **link & match** antara pendidikan dengan lapangan kerja. Untuk mengantisipasi dan mengisi era digital ini, program studi yang ada saat ini

Tantangan besar kedua adalah bonus demografi di Era Digital yang puncaknya akan terjadi di tahun 2030-an yang berpotensi berdampak pada Indonesia Emas di usia Indonesia 100 tahun di 2045.

Sedangkan prodi baru relevan dengan kebutuhan Era Industri 4.0/5.0 tersebut antara lain Prodi *AI/Machine Learning/Deep Learning, IoT, Data Science, Big Data & Analytic, Cyber Security, Additive Manufacturing Technology, Cognitive-Cloud & Quantum Computing, Mechatronic (Advanced Robot, Unman Transporter*, dan lain-lain), *Cyber Psychology*, Satelit dan Pengindraan Jauh, Pertambangan Bumi dan Luar Angkasa (*Space Mining*), Teknik Lingkungan Bumi dan Luar Angkasa, Prodi Industri dan Perdagangan Global, dan prodi relevan lainnya dalam kluster sains-teknologi, agro kompleks, kesehatan dan obat, dan sosial-humaniora.

perlu dikaji dan dievaluasi kesesuaiannya dengan perkembangan era digital. Bahkan mungkin sekali program studi baru (prodi) era digital perlu dibangun di semua PTN di setiap provinsi di Indonesia, dan hal yang lebih mendasar, karena AI menjadi otak semua sistem pintar (meskipun dengan prinsip kehati-hatian dalam implementasinya) yang di tahun 2030 para ahli AI memprediksi kepintaran manusia kalah dengan kepintaran AI atau yang disebut “**Singularitas**”. Maka, **dasar logika AI perlu dikenalkan sejak pendidikan dasar**. Sedangkan **prodi baru relevan dengan kebutuhan Era Industri 4.0/5.0 tersebut antara lain Prodi *AI/Machine Learning/Deep Learning, IoT, Data Science, Big Data & Analytic, Cyber Security, Additive Manufacturing Technology, Cognitive-Cloud & Quantum Computing, Mechatronic (Advanced Robot, Unman Transporter*, dan lain-lain), *Cyber Psychology*, Satelit dan Pengindraan Jauh, Pertambangan Bumi dan Luar Angkasa (*Space Mining*), Teknik Lingkungan Bumi dan Luar Angkasa, Prodi Industri dan Perdagangan Global, dan prodi relevan lainnya dalam kluster sains-teknologi, agro kompleks, kesehatan dan obat, dan sosial-humaniora**. Selain pembentukan prodi, penting juga pendirian LR/PUI/KST baru (saat ini terdapat 730 lembaga riset/137 PUI/49 KST) **atau penguatan yang telah ada** (kualifikasi periset doktor dan fasilitas riset modern) dengan fokus R&D relevan dengan teknologi (fasilitas produksi dan produk) Era Industri 4.0 yang mampu menghasilkan

□ *prototype* teknologi TKT 9 (siap masuk lini produksi). **Lembaga riset/PUI/KST dengan peralatan terkini ini perlu didirikan untuk mendukung kinerja dan perluasan lapangan kerja (industri) dan perguruan tinggi** di beberapa tempat/pulau sesuai potensi lokalnya masing-masing (Jawa, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Papua).

Pada tahun 2020–2022, dana R&D Indonesia terhadap PDB^[32] atau GERD (*Gross Expenditure on R&D*) hanya 0,24% PDB dan populasi perisetnya juga rendah hanya sekitar 250-an periset/juta penduduk. Nilai ini paling rendah di ASEAN. Sebagai pembandingan, GERD Malaysia 1,44% PDB dan GERD paling tinggi di ASEAN adalah 2,2% untuk Singapura dengan populasi periset per juta penduduk sekitar 6.000. Di level global GERD Israel paling tinggi di dunia, yaitu sekitar 4,5% PDB meskipun populasi perisetnya 1.800 per juta penduduk, jauh lebih rendah daripada populasi periset Singapura. Sementara, Finlandia adalah negara yang memiliki populasi periset tertinggi di dunia, yaitu sekitar 7.500 per 1 juta penduduknya dengan GERD 2,75% PDB.

Sebagai pembandingan, GERD Malaysia 1,44% PDB dan GERD paling tinggi di ASEAN adalah 2,2% untuk Singapura dengan populasi periset per juta penduduk sekitar 6.000. Di level global GERD Israel paling tinggi di dunia, yaitu sekitar 4,5% PDB meskipun populasi perisetnya 1.800 per juta penduduk, jauh lebih rendah daripada populasi periset Singapura.

2.2.2. Transformasi Digital Sektor Industri dan Ekonomi

Dalam konteks penggerak dan penumbuhkembang ekonomi negara, di antara sektor-sektor lain pendukung ekonomi negara sektor DUDI (Dunia Usaha Ekonomi dan Dunia Industri) berpotensi

Pada tahun 2022 skor rerata INDI perusahaan di Indonesia berkisar antara 2,5–3,0 dari skala 4.0. INDI 4.0

paling cepat berkontribusi pada PDB, dan “**Made in Indonesia**” harus menjadi cita-cita yang harus dicapai. Namun untuk mewujudkannya tidak mudah, industri perlu dukungan R&D yang kuat dari sinergitas/kolaborasi (gotong royong) antara perguruan tinggi dan BRIN dengan regulasi yang kondusif dari pemerintah untuk peningkatan mutu produk, rantai pasok, dan kapasitas teknologinya. Di sektor DUDI seperti UMKM dan UB/Negeri-BUMN/Swasta ini, proses transformasi digital tengah berlangsung di 8 sektor industri (makanan dan minuman, elektronik, otomotif, tekstil dan *apparel*, kimia, alkes, farmasi, agro) yang dari tahun ke tahun skor INDI 4.0 perusahaan-perusahaan Indonesia meningkat. Pada tahun 2022 skor rerata INDI perusahaan di Indonesia berkisar antara 2,5–3,0 dari skala 4.0. INDI 4.0^[34] adalah alat ukur transformasi digital berskala 0 sampai dengan 4 yang dikembangkan Kementerian Perindustrian RI untuk menera tingkat adopsi *Technology 4.0* pada perusahaan berdasarkan 5 pilar penilaian yang meliputi: (1) operasi pabrik, (2) teknologi, (3) produk dan layanan, (4) manajemen dan organisasi, (5) manusia dan budaya. Dalam *Making Indonesia 4.0*, konsep implementasi *Technology 4.0* di usaha ekonomi dan industri teknologi tersebut diletakkan dalam 3 *layer*, yaitu AI di *logical layer*, IoT di *connectivity layer*, dan peralatan produksi dan layanan seperti: 3D *printer*, *wearable*, *advanced robotic*, dan lain-lain di *application layer*. Kinerja hubungan ke-3 *layer* ini didukung oleh *cloud*

□ —————
computing, big data & analytic, cyber security,
simulator dan integrasi horizontal lini produksi dan
vertikal manajemen.

Meskipun demikian, ada **tantangan berat** transformasi digital di sektor industri di Indonesia, antara lain: **(1)** Teknologi 4.0 padat modal (teknologi intensif) yang cenderung investasi mahal dengan uang rupiah karena asal teknologinya dari negara maju yang nilai tukar mata uangnya terhadap rupiah puluhan kali lipat. Saat ini hanya kelompok usaha besar saja yang mampu bertransformasi digital. Sementara UMKM dengan kondisinya sendiri tidak mampu bertransformasi. Namun demikian, mengingat bahwa kebutuhan teknologi untuk mengisi di berbagai sektor ini cukup banyak itemnya dan besar volumenya sehingga untuk mengurangi ketergantungan dengan negara maju, 730-an R&D Indonesia (yang ada di perguruan tinggi, lembaga riset pemerintah/swasta dan industri BUMN/swasta) harus mampu memproduksi teknologi tersebut sendiri meskipun TKDN-nya belum 100%; **(2)** Infrastruktur TIK utamanya terkait dengan kecepatan internet (*cellular/mobile & fixed broadband*) dan SDM untuk mendukung IoT. Di antara negara-negara ASEAN^[35], kecepatan internet (*internet mobile*) di Indonesia 24, 01 Mbps. Posisi ini masih berada di bawah Laos (29,57 Mbps) dan sedikit di atas Myanmar (23,31 Mbps) yang berposisi paling rendah, sementara Brunei (120,84 Mbps) berposisi tertinggi; sedangkan untuk internet *fixed broadband*: Indonesia 27,11 Mbps juga berposisi rendah di bawah Laos (32,32 Mbps), sementara Singapura (247,44 Mbps) berposisi paling tinggi.

Di antara negara-negara ASEAN, kecepatan internet (*internet mobile*) di Indonesia 24, 01 Mbps. Posisi ini masih berada di bawah Laos (29,57 Mbps) dan sedikit di atas Myanmar (23,31 Mbps) yang berposisi paling rendah, sementara Brunei (120,84 Mbps) berposisi tertinggi; sedangkan untuk internet *fixed broadband*: Indonesia 27,11 Mbps juga berposisi rendah di bawah Laos (32,32 Mbps), sementara Singapura (247,44 Mbps) berposisi paling tinggi.

Di sini, organisasi profesi seperti Persatuan Insinyur Indonesia (PII) bersama perguruan tinggi dan lembaga riset perlu mengambil peran kunci sebagai pemain yang sekaligus katalisator percepatan proses transformasi digital di Indonesia.

(32,32 Mbps), sementara Singapura (247,44 Mbps) berposisi paling tinggi. Idealnya kecepatan internet ini sebanding dengan jumlah penduduk. Internet yang cepat ini diperlukan oleh UMKM/B untuk transfer informasi ke lokasi pasar yang jauh dan transaksi jual beli secara digital dan proses produksi adopsi teknologi Industri 4.0. Terkait SDM industri, bekal kompetensi (pengetahuan dan keterampilan) SDM yang berperan sebagai pembangun sistem, operator sistem dan perawat fasilitas masih perlu ditingkatkan dan populasinya perlu dinaikkan. Untuk memenuhi kebutuhan SDM tersebut, ratusan perguruan tinggi dan sekolah vokasi yang jurusan/departemennya relevan dengan bidang TIK, kurikulum *link-match*-nya perlu dikuatkan lagi dan rasio jumlah jam praktiknya dan teori perlu dinaikkan di atas rasio 70/30. Di sini, organisasi profesi seperti Persatuan Insinyur Indonesia (PII) bersama perguruan tinggi dan lembaga riset perlu mengambil peran kunci sebagai pemain yang sekaligus katalisator percepatan proses transformasi digital di Indonesia; **(3)** Kesesuaian produk UMKM (termasuk mutu produk/barang dan layanan) dengan target pasar dan kemampuan daya saing. Hingga saat ini, problem utama yang dihadapi UMKM (khususnya usaha mikro dan kecil/UMK) adalah mutu produk yang masih perlu diperkuat namun UMKM secara mandiri tidak mampu memperbaiki karena tidak memiliki R&D sendiri. Sementara kesulitan lainnya yang dihadapi selama ini seperti modal tidak cukup, kapasitas produksi kecil dan jangkauan pasar terbatas sudah

□ —————

dapat diatasi. Saat ini pemerintah telah memberikan insentif peralatan dan bantuan digitalisasi melalui Kementerian Perindustrian, pemodal dengan bunga rendah (PNM dan lain-lain) tersedia dan insentif pembelian peralatan produksi (Permen Perindustrian dan Permen Kemenkeu). Terkait mutu produk, di sini perguruan tinggi dengan **darma penelitian dan fasilitas risetnya dapat membantu meningkatkan kualitas produknya dan skema penelitian kemitraan yang sudah disediakan pemerintah**. Kemampuan peningkatan mutu produk UMKM seluruh Indonesia ini dapat dipercepat, jika jika Pemerintah menugaskan 4.432 perguruan tinggi (42.913 Prodi) dengan prodi relevan mendampingi/ membina UMKM tersebut di propinsinya masing-masing (36 propinsi). . Secara nasional, level SDM UMKM kita didominasi SDM lulusan sekolah dasar, sekolah menengah dan hanya sedikit yang lulusan perguruan tinggi termasuk vokasi. Dominasi SDM level rendah ini yang menjadikan daya saing rendah untuk UMKM yang berbasis labor intensif. Oleh karena itu, dengan tuntutan kebutuhan pasar yang semakin tinggi yang tidak mungkin lagi memproduksi menggunakan proses produksi konvensional berbasis *labor intensive*, maka transformasi digital menjadi suatu kebutuhan untuk meningkatkan daya saingnya dan menjadi penting untuk perguruan tinggi baik negeri maupun swasta di setiap propinsi perlu diberi tugas oleh negara untuk ikut membina dan mendampingi. Saat ini sekitar 64,19 juta UMKM ber-TKDN tinggi ini berkontribusi ke PDB lebih

Terkait mutu produk, di sini perguruan tinggi dengan darma penelitian dan fasilitas risetnya dapat membantu meningkatkan kualitas produknya dan skema penelitian kemitraan yang sudah disediakan pemerintah.

Oleh karena itu, dengan tuntutan kebutuhan pasar yang semakin tinggi yang tidak mungkin lagi memproduksi menggunakan proses produksi konvensional berbasis *labor intensive*, maka transformasi digital menjadi suatu kebutuhan untuk meningkatkan daya saingnya dan menjadi penting untuk perguruan tinggi baik negeri maupun swasta di setiap propinsi perlu diberi tugas oleh negara untuk ikut membina dan mendampingi.

besar daripada usaha besar, yaitu sekitar 60,3 %^[36] yang hingga usia Indonesia 100 tahun pun (2045), potensi UMKM dengan TKDN tinggi ini masih besar dan cukup kuat menopang stabilitas ekonomi negara menghadapi geopolitik global yang tidak stabil, apalagi jika dibina dan didampingi perguruan tinggi seluruh Indonesia; **(4)** Maraknya persaingan global antarnegara dan aliansinya yang masing-masing negara mengamankan kekayaan alamnya dan teknologinya terutama yang relevan dengan pemenuhan kebutuhan di era digital ini, maka dipandang penting **Indonesia harus memiliki perusahaan pelat merah/BUMN atau swasta Indonesia yang bergerak di bidang produksi dan jasa relevan dengan produk-produk dan sistem di era digital (produk utama, produk penolong/pendukung, sistem).**

Terdapat 9 teknologi Era Industri 4.0 yang dapat dipandang sebagai produk maupun fasilitas produksi dan pendukungnya, sebagian material utama teknologi ini berasal dari mineral/tambang dan biota darat/laut terdapat dan tumbuh di alam Indonesia. Industri hulu-hilir perlu diperkuat dalam hal kemampuan SDM untuk R&D, pencipta, operasi dan operator, dan perawat. Lebih khusus lagi **industri hulu yang saat ini masih sangat lemah** yang diindikasikan masih adanya impor utuh bahan baku dari aliansi negara maju sehingga TKDN rendah. Upaya menaikkan nilai tambah di dalam negeri yang telah dilakukan pemerintah berupa hulunisasi (hilirisasi biji material tambang

Terdapat 9 teknologi Era Industri 4.0 yang dapat dipandang sebagai produk maupun fasilitas produksi dan pendukungnya, sebagian material utama teknologi ini berasal dari mineral/tambang dan biota darat/laut terdapat dan tumbuh di alam Indonesia.

□ —————

seperti *nickel*, *copper*, bauksit, aluminium, dan lain-lain) sudah benar dan perlu ditingkatkan ke proses menjadi produk tengah dan akhir relevan dengan kebutuhan manusia Era Industri 4.0. Memang tidak mudah untuk mewujudkannya karena memerlukan komitmen politik (DPR dan pemerintah), investasi, dan R&D yang kuat. Pemerintah perlu mendorong dan mengondisikan pembentukan industri hulu baru (**termasuk industri pengolah limbah elektronik**) atau penguatan industri hulu yang sudah ada (BUMN/swasta) untuk membuat bahan baku berbasis material yang tersedia di alam Indonesia. Beberapa contoh seperti material jarang (*rare earth materials*)/semikonduktor (*germanium/gallium/silicon crystal*) untuk bahan baku elektronik *microchip* (klaster elektronik/semikonduktor); *indium phosphide* dan *gallium arsenide* untuk bahan *photonic microchip*; nikel untuk baterai dan *biomedical metal* seperti *nickel titanium alloy*, *stainless steel 316* dan jagung/kasava untuk *biopolymer* (klaster kesehatan dan makanan); *silica* untuk bahan *silicon wafer photovoltaic* dan *glass temper solar panel* (klaster energi terbarukan); besi/Fe untuk magnet motor DC/AC, *copper* untuk kawat tembaga motor DC/AC, motor DC *low/high speed*; *graphite* untuk *graphene*, bauksit/aluminium untuk struktur alat transportasi, dan kemasan dan *smart material* lainnya). Untuk mewujudkan industri hulu (*start up* atau penguatan industri yang sudah ada) dengan R&D yang kuat ini, skema riset pemandatan-kemitraan dengan industri perlu diperbanyak, fasilitas riset dimodernisasi dengan peralatan terkini dan dana riset ditingkatkan atau GERD > 2% PDB.

Untuk mewujudkan industri hulu (*start up* atau penguatan industri yang sudah ada) dengan R&D yang kuat ini, skema riset pemandatan-kemitraan dengan industri perlu diperbanyak, fasilitas riset dimodernisasi dengan peralatan terkini dan dana riset ditingkatkan atau GERD > 2% PDB.

dengan peralatan terkini dan dana riset ditingkatkan atau GERD > 2% PDB.

Di sektor ekonomi, ekonomi global mengalami perubahan mendasar melalui konsep Ekonomi Kreatif, Ekonomi Sirkular, dan Teknologi Digital. Ekonomi kreatif mengedepankan kreativitas, inovasi, dan seni sebagai sumber nilai ekonomi, mencakup berbagai sektor seperti seni, budaya, desain, musik, film, dan *fashion*. Pertumbuhan ekonomi kreatif telah membuka peluang pekerjaan, meningkatkan daya saing, dan mempromosikan budaya lokal^[37]. Ekonomi sirkular berfokus pada pemanfaatan efisiensi sumber daya dan pengurangan limbah^[38]. Ini menggantikan pola konsumsi berlebihan dengan praktik berkelanjutan, mengurangi dampak lingkungan. Ekonomi digital terkait dengan teknologi digital seperti AI, IoT, *Cloud Computing*, dan *Blockchain* yang memungkinkan efisiensi bisnis, transformasi layanan publik, dan perubahan komunikasi^[39]. Teknologi digital dapat mendukung ekonomi sirkular dengan melacak dan mengelola bahan dan produk secara efisien. Integrasi dengan ekonomi kreatif dapat menciptakan solusi inovatif untuk seniman dan perancang dalam mengelola hak kekayaan intelektual^[40]. Penggabungan ekonomi kreatif, sirkular, dan digital dapat menciptakan ekonomi berkelanjutan dan inklusif. Prinsip ekonomi sirkular mengurangi tekanan pada lingkungan, sementara ekonomi kreatif dan teknologi digital mendukung pertumbuhan ekonomi dan lapangan pekerjaan. Pentingnya keberlanjutan dan inovasi dalam ekonomi

Penggabungan ekonomi kreatif, sirkular, dan digital dapat menciptakan ekonomi berkelanjutan dan inklusif. Prinsip ekonomi sirkular mengurangi tekanan pada lingkungan, sementara ekonomi kreatif dan teknologi digital mendukung pertumbuhan ekonomi dan lapangan pekerjaan.

□ —————

global menuntut peran pemerintah, perusahaan, dan universitas dalam menciptakan lingkungan yang mendukung konsep-konsep ini^[41]. Pendidikan tinggi memiliki peran sentral dalam memahami, mengembangkan, dan menerapkan konsep-konsep tersebut. Kolaborasi antara universitas, sektor swasta, dan pemerintah penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi berkelanjutan^[41]. Meskipun ada tantangan seperti perubahan budaya konsumsi dan masalah keamanan dalam teknologi digital, kolaborasi dan komitmen dari semua pemangku kepentingan adalah kunci keberhasilan. Dalam dunia yang terus berubah, integrasi konsep ekonomi kreatif, sirkular, dan digital menjadi landasan untuk menciptakan ekonomi yang berkelanjutan, inklusif, dan inovatif, memberikan manfaat kepada masyarakat luas dan lingkungan kita^[43].

2.2.3. Transformasi Digital Sektor Pemerintahan

Di sektor pemerintahan (pusat dan daerah/kota) sebagai regulator dan fasilitator, digitalisasi pemerintahan ditujukan untuk meningkatkan sistem layanan publik menjadi lebih efisien, efektif, sehat, responsif, inklusif dan sekaligus bertanggung jawab. Terkait kebijakan pemerintah dalam tata kelola digital seperti SPBE dan *Smart City*, Pemerintah Indonesia memahami pentingnya membuat kebijakan strategis dalam tata kelola digital melalui pengembangan SIMNAS (Sistem

Di sektor pemerintahan (pusat dan daerah/kota) sebagai regulator dan fasilitator, digitalisasi pemerintahan ditujukan untuk meningkatkan sistem layanan publik menjadi lebih efisien, efektif, sehat, responsif, inklusif dan sekaligus bertanggung jawab

Informasi Manajemen Nasional) yang konsepnya dirancang di tahun 1987 bersamaan dengan Proyek Nusantara-21 yang muncul di akhir pemerintahan Orde Baru. Sayangnya, konsep kebijakan strategis itu muatannya sangat umum dan tidak terlaksana sesuai harapan. Proyek Nusantara-21 juga terbengkalai ketika Indonesia terpukul oleh krisis ekonomi yang mengakibatkan perubahan tatanan politik pada tahun 1998. Setelah reformasi berskala besar terjadi di Indonesia, beberapa peraturan tentang pemanfaatan teknologi dikeluarkan. Sebagian besar peraturan itu terkait dengan penggunaan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi) dan gugus tugas nasional untuk melaksanakan kebijakan pemerintahan elektronik (*electronic government*). Berikut ini sebagian di antaranya: (a) Peraturan Presiden No. 20/1999 tentang Tim Koordinasi Telematika Indonesia (TKTI), yang selanjutnya diganti dengan Peraturan Presiden No. 50/2000 dan Peraturan Presiden No. 9/2003. TKTI adalah gugus-tugas yang berisi lembaga pemerintah, wakil dari sektor swasta dan unsur-unsur masyarakat. Tujuannya adalah untuk mengoordinasi kegiatan-kegiatan terkait TIK di tingkat nasional;(b) Instruksi Presiden No. 2/2001 tentang Penggunaan Bahasa Indonesia di dalam Aplikasi Komputer; (c) Instruksi Presiden No. 6/2001 tentang Pengembangan dan Penggunaan TIK di Indonesia. Untuk pertama kalinya, pemerintah mengakui pentingnya menyatukan penggunaan TIK dengan Rencana Pembangunan Lima Tahun; dan (d) Instruksi Presiden No. 3/2003 mengenai

Untuk pertama kalinya, pemerintah mengakui pentingnya menyatukan penggunaan TIK dengan Rencana Pembangunan Lima Tahun; dan (d) Instruksi Presiden No. 3/2003 mengenai Kebijakan Nasional Pengembangan *E-Government Development*.

□ —————

Kebijakan Nasional Pengembangan *E-Government Development*. Bersama dengan kebijakan nasional mengenai desentralisasi, peraturan ini dimaksudkan untuk mendorong pemerintah provinsi dan kabupaten/kota untuk memperhatikan *e-government* sebagai sebuah sarana penting guna meningkatkan kualitas layanan publik.

Secara umum, pendekatan pemerintah Indonesia untuk melakukan transformasi dan menyesuaikan diri dengan lingkungan digital pada mulanya cenderung normatif dan legalistik. Landasan kebijakan pemerintah ketika itu tidak benar-benar terkait dengan masalah-masalah empiris serta tantangan baru karena digunakannya TIK. Fakta bahwa konflik bisa muncul dan hubungan-hubungan pribadi bisa sangat terpengaruh oleh kesediaan TIK, media baru, sambungan internet dan ponsel cerdas, tidak diantisipasi secara tepat. Semangat untuk membentuk peraturan mestinya bukan semata-mata peraturannya sendiri, tetapi juga harus diikuti oleh transformasi kebijakan yang nyata. Adalah benar bahwa meluasnya penggunaan TIK telah membuka banyak peluang karena informasi yang berskala besar dapat ditangani secara efisien dan akurat. Logikanya, penggunaan TIK semestinya bisa meningkatkan efektivitas, transparansi, dan akuntabilitas lembaga-lembaga pemerintah. Tujuan akhir dari penggunaan teknologi informasi adalah terciptanya tata kelola yang baik seraya memastikan bahwa layanan publik dapat disediakan secara efisien, profesional, dan berlaku sama rata bagi seluruh warga sejalan dengan tuntutan dan ekspektasi masyarakat yang terus meningkat.

Logikanya, penggunaan TIK semestinya bisa meningkatkan efektivitas, transparansi, dan akuntabilitas lembaga-lembaga pemerintah. Tujuan akhir dari penggunaan teknologi informasi adalah terciptanya tata kelola yang baik seraya memastikan bahwa layanan publik dapat disediakan secara efisien, profesional, dan berlaku sama rata bagi seluruh warga sejalan dengan tuntutan dan ekspektasi masyarakat yang terus meningkat.

Sejalan dengan perubahan misi dari Kementerian Penerangan pada masa Pemerintahan Orde Baru di bawah Presiden Soeharto menjadi Kementerian Komunikasi dan Informasi (Kominfo) pasca-Reformasi, ada banyak perubahan kebijakan baru yang dipercepat dengan gagasan demokratisasi di hampir semua aspek kehidupan masyarakat. Undang-Undang No. 11/2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE) adalah salah satu terobosan yang bermanfaat untuk mengatur bagaimana data elektronik dimanfaatkan untuk berbagai transaksi yang diharapkan membuat masyarakat menjadi lebih produktif.

tuntutan dan ekspektasi masyarakat yang terus meningkat. Oleh karena itu, sangat penting untuk memastikan bahwa peraturan perundangan tentang *e-government* benar-benar dapat diterjemahkan ke dalam berbagai indikator teknis sehingga capaian dari kebijakan publik yang dibuat dapat dievaluasi secara terukur. Lampiran dari Instruksi Presiden No. 3/2003, misalnya, memuat empat dimensi dari *e-government*: (a) akses, yang berisi ketentuan tentang jejaring telekomunikasi, infrastruktur internet, serta media komunikasi lainnya yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung penyediaan layanan publik; (b) portal layanan publik, yang memuat laman-web dari sistem layanan publik yang terintegrasi, semisal Nomor Identitas Kependudukan (NIK) yang berlaku secara nasional, serta identitas lainnya yang mendukung layanan pendidikan, kesehatan, perpajakan, dan lain-lainnya; (c) organisasi yang mengumpulkan dan mengolah informasi, yang meliputi lembaga-lembaga strategis pemerintah yang mengelola dokumen-dokumen manual maupun elektronik; dan (d) infrastruktur dan aplikasi dasar, yang meliputi semua perangkat keras maupun perangkat lunak yang dibutuhkan untuk menjalankan pengolahan data secara andal, akurat, dan aman. Sejalan dengan perubahan misi dari Kementerian Penerangan pada masa Pemerintahan Orde Baru di bawah Presiden Soeharto menjadi Kementerian Komunikasi dan Informasi (Kominfo) pasca-Reformasi, ada banyak perubahan kebijakan baru yang dipercepat dengan gagasan demokratisasi di hampir semua aspek

kehidupan masyarakat. Undang-Undang No. 11/2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE) adalah salah satu terobosan yang bermanfaat untuk mengatur bagaimana data elektronik dimanfaatkan untuk berbagai transaksi yang diharapkan membuat masyarakat menjadi lebih produktif.

Dengan perubahan pola transaksi elektronik yang bergerak begitu cepat, undang-undang ini telah direvisi dengan disahkannya UU No. 19/2016. Perkembangan terbaru dalam kebijakan menyangkut tata kelola digital adalah UU No. 27/2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (PDP) yang dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kebocoran data atau penyalahgunaan data pribadi, yang secara internasional telah merujuk kepada sistem *General Data Protection Regulation* (GDPR) yang berlaku di 28 negara di Eropa Barat. Semua perangkat undang-undang dalam pelaksanaannya tentu harus didukung oleh peraturan-peraturan yang lebih teknis dan spesifik. Sebagai contoh, PP No. 18/2016 mengatur tentang perangkat daerah serta penyediaan infrastruktur dan aplikasi yang dimanfaatkan secara berbagi-pakai. Terdapat juga PP No. 24/2018 tentang layanan perizinan berusaha yang integratif menggunakan sistem *Single Sign On* (SSO). Yang saat ini masih ditunggu adalah peraturan teknis terkait Lembaga Penyelenggara Pelindungan Data Pribadi (LPPDP) serta peraturan lain untuk melaksanakan UU No. 27/2022. Untuk memahami kebijakan pemerintah Indonesia dalam tata kelola digital, setidaknya ada dua wilayah kebijakan publik

Semua perangkat undang-undang dalam pelaksanaannya tentu harus didukung oleh peraturan-peraturan yang lebih teknis dan spesifik. Sebagai contoh, PP No. 18/2016 mengatur tentang perangkat daerah serta penyediaan infrastruktur dan aplikasi yang dimanfaatkan secara berbagi-pakai. Terdapat juga PP No. 24/2018 tentang layanan perizinan berusaha yang integratif menggunakan sistem *Single Sign On* (SSO).

Masyarakat justru mengeluhkan bahwa UU No. 11/2008 menghasilkan dampak negatif karena semakin banyaknya kasus pelaporan individu pengguna media sosial dengan tuduhan-tuduhan pencemaran nama baik. Sementara itu UU No. 25/2009 masih gagal meningkatkan kualitas layanan publik secara signifikan karena sekadar menetapkan asas-asas umum pemerintahan, kaidah etika normatif bagi lembaga-lembaga pemerintah, dan belum bisa memaksa para pejabat publik untuk menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan pengetahuan yang lebih luas dan kemudahan dalam menggunakan TIK.

yang perlu disoroti lebih mendalam terhadap hal ini, yakni: 1) Program SPBE (Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik) yang pada dasarnya dirumuskan oleh Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara (Kemendagri), dan 2) Program Kota Cerdas (*Smart City*) yang dirumuskan oleh Kementerian Komunikasi dan Informasi (Menkominfo). **Terkait SPBE**, evaluasi terhadap pelaksanaan UU No. 11/2008 dan UU No. 25/2009 setelah berlaku selama satu dasawarsa menunjukkan bahwa keduanya masih gagal untuk meningkatkan peran *e-government* dalam layanan publik. Masyarakat justru mengeluhkan bahwa UU No. 11/2008 menghasilkan dampak negatif karena semakin banyaknya kasus pelaporan individu pengguna media sosial dengan tuduhan-tuduhan pencemaran nama baik. Sementara itu UU No. 25/2009 masih gagal meningkatkan kualitas layanan publik secara signifikan karena sekadar menetapkan asas-asas umum pemerintahan, kaidah etika normatif bagi lembaga-lembaga pemerintah, dan belum bisa memaksa para pejabat publik untuk menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan pengetahuan yang lebih luas dan kemudahan dalam menggunakan TIK. Penggunaan teknologi digital di lembaga-lembaga pemerintah tidak banyak berubah karena proses bisnis maupun cara-cara penyediaan layanan publik juga belum berubah. Birokrasi di bawah Kementerian Dalam Negeri tetap saja lamban dan belum terbuka kepada gagasan dan inovasi baru. Layanan publik oleh kementerian teknis yang lain (pertanian, perhubungan, perdagangan dan industri,

dan sebagainya) juga tetap belum efisien kendatipun sudah ditunjang dengan perangkat TIK yang mahal.

Itulah sebabnya Presiden Joko Widodo memerintahkan agar reformasi digital dalam lembaga-lembaga pemerintah dilaksanakan di bawah koordinasi Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi (PAN-RB). Pada tahun 2018 dibentuk Tim Koordinasi SPBE (Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik) melalui Peraturan Presiden No. 95/2018, di mana Kementerian PAN-RB ditugaskan menjadi Koordinator Tim SPBE di tingkat nasional. Tim SPBE terdiri dari wakil-wakil kementerian yang diharapkan mampu merumuskan kebijakan pemerintahan elektronik serta mengawal pelaksanaannya. Ketentuan di dalam Perpres tersebut menyebutkan bahwa tim SPBD diberi tugas untuk mengharmonisasi kerangka peraturan mengenai *e-government*, mengawasi tim-tim teknis pada jenjang pemerintahan yang berbeda-beda, memantau program-program *e-government* secara rutin, serta mempromosikan literasi *e-government*. Kementerian PAN-RB bertugas mengoordinasi tim SPBE dan bekerja bersama enam kementerian strategis termasuk Bappenas, Kementerian Keuangan, Kementerian Dalam Negeri, Kementerian Komunikasi dan Informasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), serta Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN). Tugas-tugas besar dan ambisius untuk mengoordinasikan kebijakan nasional, mengawasi implementasi program, dan bahkan mengizinkan digunakannya aplikasi di banyak kementerian teknis diberikan

Ketentuan di dalam Perpres tersebut menyebutkan bahwa tim SPBD diberi tugas untuk mengharmonisasi kerangka peraturan mengenai *e-government*, mengawasi tim-tim teknis pada jenjang pemerintahan yang berbeda-beda, memantau program-program *e-government* secara rutin, serta mempromosikan literasi *e-government*.

Faktanya, untuk pengembangan aplikasi pendukung fungsi layanan, Kemdagri, Kemenkeu, dan Kominfo bekerja masing-masing tanpa berkonsultasi dengan para anggota lain di tim SPBE nasional.

pada tim SPBE tersebut. Namun demikian, karena Kementerian PAN-RB sudah banyak terbebani tugas-tugas rutin untuk merencanakan dan mengalokasikan sumber daya manusia di dalam lembaga-lembaga nasional sedangkan sumber daya di kementerian ini masih terbatas kemampuannya di bidang tata kelola digital, ternyata tim SPBE lebih banyak menggunakan pendekatan regulatif ketimbang fasilitatif. Meskipun pertemuan-pertemuan rutin dilakukan di antara para pejabat yang mewakili masing-masing Kementerian dan Lembaga (K/L), tidak banyak kebijakan strategis yang dihasilkan dari tim yang diketuai oleh Kementerian PAN-RB tersebut. Faktanya, untuk pengembangan aplikasi pendukung fungsi layanan, Kemdagri, Kemenkeu, dan Kominfo bekerja masing-masing tanpa berkonsultasi dengan para anggota lain di tim SPBE nasional. Kemdagri, misalnya, telah mengembangkan sistem *database* NIK (Nomor Induk Kependudukan) dan mengelola semua data terkait kependudukan secara eksklusif. Kecenderungan serupa juga berlaku bagi Kementerian Keuangan dalam pengembangan sistem administrasi perpajakan, atau bagi Kominfo yang mengerjakan program pengembangan infrastruktur bagi koneksi internet pita-lebar (*broad-band internet connection*). Maka, gagasan untuk mengintegrasikan kebijakan *e-government* secara nasional sebenarnya kurang berhasil. Kurangnya kepemimpinan, mentalitas ego-sektoral (*silo mentality*) di antara Kementerian dan Lembaga, serta keterbatasan sumber daya di dalam

□ —————
Kementerian PAN-RB sendiri merupakan kelemahan mendasar dari program SPBE.

Seperti halnya SPBE, gagasan Kota Cerdas (*Smart City*) muncul dari keinginan bahwa tersedianya TIK secara meluas akan mendukung kehidupan perkotaan yang akan memanfaatkan sumber daya secara lebih produktif dan efisien, yang mengurangi biaya dan tenaga, meningkatkan kualitas hidup warga, dan menciptakan pembangunan yang berkelanjutan. Peran pemerintah, perusahaan swasta, komunitas serta warga masyarakat secara luas sangat krusial untuk mengembangkan masyarakat digital yang cerdas.^[44] Maka, basis konseptual kota cerdas bukan hanya bahwa sebuah kota dikelola dan didukung oleh perangkat TIK secara luas, melainkan juga didukung oleh masyarakat yang kreatif, dengan prinsip-prinsip dasar pembangunan yang berkelanjutan. Teknologi informasi, koneksi pita-lebar, dan semua infrastruktur digital hanya merupakan sarana untuk mencapai tujuan yang lebih substansial, yakni: masyarakat yang lebih produktif dengan kualitas hidup yang lebih baik dan pemakaian sumber daya secara berkelanjutan. Pada tahun 2017, Kementerian Kominfo memulai sebuah Program Nasional Kota Cerdas, dengan menargetkan bahwa para perumus kebijakan dan pejabat di setidaknya 25 kota dan kabupaten harus dilatih untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka terkait kota cerdas. Sebuah konsep yang mirip dengan yang dikembangkan oleh Giffinger *et al*^[45] digunakan untuk mendorong

Pada tahun 2017, Kementerian Kominfo memulai sebuah Program Nasional Kota Cerdas, dengan menargetkan bahwa para perumus kebijakan dan pejabat di setidaknya 25 kota dan kabupaten harus dilatih untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka terkait kota cerdas.

Pada tahun 2023, Kominfo berusaha menjangkau daerah-daerah kepulauan serta kawasan yang relatif masih belum berkembang di Sumatra dan di Papua. Upaya untuk menuju kota cerdas membutuhkan kolaborasi yang kuat di antara pemerintah, akademisi dan lembaga riset, mitra teknologi dan industri, mitra media, dan wakil komunitas di dalam masyarakat.

sebuah kerangka kebijakan bagi para pendamping kota cerdas, yang diambil kebanyakan dari perguruan tinggi dan lembaga riset terbaik di Indonesia. Konsep kota cerdas diterjemahkan lebih teknis ke dalam beberapa dimensi, menjadi: tata kelola cerdas (*smart governance*), ekonomi cerdas (*smart economy*), pencitraan cerdas (*smart branding*), warga cerdas (*smart society*), cara hidup cerdas (*smart living*), dan lingkungan cerdas (*smart environment*).

Tema dari program serta lamanya program pendampingan kepada Pemerintah Daerah ditentukan oleh Kementerian Kominfo, khususnya Direktorat Jenderal Aplikasi dan Informatika (Ditjen Aptika). Sebagai contoh, pada tahun 2021 Kominfo memberi prioritas kepada kabupaten dan kota yang memiliki potensi dalam industri pariwisata. Lalu, pada tahun 2022 Kominfo memberi prioritas kepada kabupaten dan kota yang merupakan lokasi atau berdekatan dengan rencana pemindahan ibu kota negara baru di Kalimantan Timur dan beberapa daerah yang memenuhi kriteria potensial buat kota cerdas. Pada tahun 2023, Kominfo berusaha menjangkau daerah-daerah kepulauan serta kawasan yang relatif masih belum berkembang di Sumatra dan di Papua. Upaya untuk menuju kota cerdas membutuhkan kolaborasi yang kuat di antara pemerintah, akademisi dan lembaga riset, mitra teknologi dan industri, mitra media, dan wakil komunitas di dalam masyarakat. Semua sistem kolaborasi dan kemitraan itu merupakan kunci bagi keberhasilan kota cerdas berdasarkan enam dimensi yang meliputi: *smart governance*,

□ —————

smart economy, smart branding, smart society, smart living, dan smart environment. Keberhasilan dari program pendampingan menuju kota cerdas itu bukan hanya tergantung kepada inisiatif pemerintah, tetapi juga bagaimana inisiatif-inisiatif tersebut dikomunikasikan dan dikerjasamakan dengan unsur-unsur mitra yang lain yang berasal dari sektor perusahaan swasta, peneliti, dan akademisi serta masyarakat pada umumnya. Gambaran lengkap mengenai bagaimana program SPBE maupun Kota Cerdas dilaksanakan di lapangan. Ada tiga kelompok kasus yang dapat dipelajari, yaitu di: (1) daerah perkotaan (contoh DKI Jakarta dan Surabaya), (2) wilayah IKN (Ibu Kota Negara) baru yang menjadi arah kebijakan pengembangan kutub pembangunan di masa mendatang, serta (3) wilayah kepulauan bagian timur yang merupakan ciri spesifik dari kebanyakan daerah di Indonesia sebagai negara kepulauan (Maluku Utara: Kota Ternate dan Kabupaten Halmahera Selatan). Disrupsi dalam banyak aspek bisnis dan pola konsumsi merupakan sesuatu yang tidak terhindarkan dan masyarakat memang harus siap menghadapi dan hidup bersamanya. TIK tidak hanya mengubah cara orang berbisnis, tetapi juga cara-cara yang harus dilakukan oleh para aktor perumus kebijakan yang berkewajiban menyelenggarakan layanan publik sesuai tuntutan warga yang berubah cepat.

Disrupsi dalam banyak aspek bisnis dan pola konsumsi merupakan sesuatu yang tidak terhindarkan dan masyarakat memang harus siap menghadapi dan hidup bersamanya. TIK tidak hanya mengubah cara orang berbisnis, tetapi juga cara-cara yang harus dilakukan oleh para aktor perumus kebijakan yang berkewajiban menyelenggarakan layanan publik sesuai tuntutan warga yang berubah cepat.

Di dalam lingkungan yang dinamis dan disruptif, pemerintah sebaiknya tidak hanya mengambil keputusan berdasarkan reaksi sesaat. Pemerintah harus

siap bekerja sama dengan pemangku kepentingan dari berbagai organisasi. Tata kelola konvensional harus diubah dengan paradigma baru yang mengedepankan jejaring, kerja sama, dan tindakan serentak. Penelitian tentang tata kelola di Indonesia memperlihatkan bahwa kegagalan tata kelola elektronik disebabkan lebih banyak oleh kendala budaya organisasi, kelambanan birokrasi, masalah koordinasi, serta kurangnya inisiatif kerja sama antara pemerintah dengan pelaku usaha, lembaga-lembaga non-pemerintah, serta unsur-unsur lain dalam masyarakat.^[46] Kendala kerja sama inilah yang semestinya diatasi dengan baik di tingkat pusat maupun di tingkat daerah. Perlu disadari bahwa transformasi tata kelola digital bukan hanya mempertimbangkan penggunaan TIK, pengolahan data yang lebih cepat, serta tujuan-tujuan efisiensi ekonomis lainnya. Semua upaya perbaikan mestinya diarahkan pada tujuan-tujuan yang lebih mendasar seperti tata kelola yang terbuka, layanan publik yang lebih partisipatif, serta penciptaan birokrasi yang bersih dan berwibawa. Sebagai contoh, analisis *big data* untuk mengatasi kemiskinan dan tengkes (*stunting*) di berbagai daerah akan lebih mudah dilakukan dengan bantuan teknologi digital terkini. Namun demikian, pemakaian data itu untuk melaksanakan program-program yang tepat bagi pemberantasan kemiskinan di sebuah kabupaten/kota jauh lebih penting sehingga transformasi digital benar-benar memberi makna dan manfaat luas bagi masyarakat. Kasus-kasus dari daerah perkotaan (DKI Jakarta, Surabaya) menunjukkan bahwaketika layanan

Namun demikian, pemakaian data itu untuk melaksanakan program-program yang tepat bagi pemberantasan kemiskinan di sebuah kabupaten/kota jauh lebih penting sehingga transformasi digital benar-benar memberi makna dan manfaat luas bagi masyarakat.

publik di perkotaan sudah dapat diselenggarakan secara efisien dengan menggunakan TIK, daya dorong transformasi digital lebih lanjut hendaknya diarahkan pada upaya untuk mendekatkan kolaborasi antara pemerintah, pelaku bisnis swasta, serta komunitas warga. Untuk wilayah IKN baru di Kalimantan Timur, kasus di Kabupaten Kukar dan Kutai Barat menunjukkan pentingnya infrastruktur telekomunikasi yang merupakan pendukung konektivitas antarsektor dan kerja sama yang produktif, serta urgensi pengembangan sumber daya manusia yang harus siap bersaing dengan para pendatang di IKN sebagai pusat pertumbuhan baru. Sementara itu, contoh-contoh kasus di wilayah kepulauan (Kota Ternate dan Kabupaten Halmahera Selatan di Provinsi Maluku Utara) menunjukkan bahwa selain keharusan untuk terus meningkatkan keandalan infrastruktur dan jaringan telekomunikasi, terdapat kebutuhan mendesak untuk menyesuaikan program-program kota cerdas dengan kondisi nyata potensi ekonomi yang terdapat di daerah. Dari keenam dimensi kota cerdas, daerah dapat menentukan program-program berjangka pendek yang mendesak dan segera dilaksanakan supaya bisa menjadi pengungkit bagi peningkatan kesejahteraan rakyat secara merata.

Sementara itu, contoh-contoh kasus di wilayah kepulauan (Kota Ternate dan Kabupaten Halmahera Selatan di Provinsi Maluku Utara) menunjukkan bahwa selain keharusan untuk terus meningkatkan keandalan infrastruktur dan jaringan telekomunikasi, terdapat kebutuhan mendesak untuk menyesuaikan program-program kota cerdas dengan kondisi nyata potensi ekonomi yang terdapat di daerah.

3. HARMONISASI INOVASI DAN KEMANUSIAAN

3.1. Kreativitas, Inovasi, dan Budaya

Dalam konteks era digital ini, kreativitas, inovasi, dan budaya saling mendukung satu dengan lainnya. Ketika manusia menjadi objek tujuan dan pelaku utama, maka sinergitas kreativitas manusia, inovasi dalam berbagai aspek yang dihasilkannya yang senantiasa harmonis dengan sisi kemanusiaannya, dan budaya yang terbentuk akan menjadi penting. Budaya memainkan peran dalam memengaruhi kreativitas dan inovasi, karena budaya yang mendorong pemikiran terbuka, keragaman, dan kolaborasi cenderung mendukung pertumbuhan kreativitas dan inovasi. Budaya merujuk pada pola-pola perilaku, nilai-nilai, keyakinan, norma-norma, dan tradisi yang dimiliki oleh suatu kelompok manusia. Ini mencakup cara berpikir, berinteraksi, dan beradaptasi dengan lingkungan sosial, ekonomi, dan politik. Budaya dapat berbeda antara kelompok etnis, negara, atau wilayah. Budaya memainkan peran penting dalam membentuk identitas individu dan kelompok, serta memengaruhi keputusan dan tindakan mereka yang kemudian di era digital ini terbentuk masyarakat berciri global sama yang disebut Masyarakat Digital atau *Society 5.0* dengan manusia sebagai pengendali teknologi. Sementara itu, kreativitas menghasilkan ide baru yang dapat diwujudkan menjadi inovasi baik yang bersifat inkremental maupun holistik oleh individu atau

Budaya memainkan peran dalam memengaruhi kreativitas dan inovasi, karena budaya yang mendorong pemikiran terbuka, keragaman, dan kolaborasi cenderung mendukung pertumbuhan kreativitas dan inovasi.

kelompok inovator. Inovasi merupakan wujud nyata ide baru barang kasatmata atau tidak kasatmata. Dalam ranah komersial, inovasi ini pada umumnya diproteksi secara legal hukum dalam teritorial negara seperti perlindungan hak cipta, paten, desain industri, merek, dan kekayaan industri lainnya. Inovasi lahir karena adanya inovator. Inovator adalah SDM yang memiliki karakter kreatif dan pemberani dalam mengambil risiko.

3.2. Manusia, Kemanusiaan, dan Masyarakat Digital (Masyarakat 5.0/ Society 5.0)

Secara umum pengertian masyarakat adalah sekumpulan individu yang hidup bersama, bekerja sama untuk memperoleh kepentingan bersama yang telah memiliki tatanan kehidupan, norma-norma, dan adat istiadat yang ditaati dalam lingkungannya. Manusia adalah unsur berdirinya masyarakat, sedangkan masyarakat adalah himpunan atau kesatuan dari manusia. Antara manusia dan masyarakat tidak dapat dipisahkan. Manusia ada maka ada pula masyarakat, sebaliknya masyarakat ada karena adanya manusia. Dewasa ini dunia memasuki era **Revolusi Industri 4.0** dan era **Society 5.0** yang merupakan era yang merepresentasikan keadaan masyarakat saat ini karena hadir di Industri 4.0, artinya teknologi sudah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat. Sebuah masyarakat yang mengutamakan kesejahteraan berupaya untuk

Dewasa ini dunia memasuki era **Revolusi Industri 4.0** dan era **Society 5.0** yang merupakan era yang merepresentasikan keadaan masyarakat saat ini karena hadir di Industri 4.0, artinya teknologi sudah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat.

Salah satu tujuan utama dari konsep ini adalah meningkatkan kualitas hidup manusia dengan memanfaatkan teknologi digital. Ini termasuk perbaikan dalam layanan kesehatan, pendidikan, transportasi, dan berbagai aspek kehidupan sehari-hari lainnya.

mencapai keseimbangan antara kemajuan ekonomi dan penyelesaian permasalahan sosial, yang dicapai melalui integrasi antara ranah digital dan fisik. Gagasan masyarakat Digital 5.0 adalah menciptakan masyarakat yang lebih terhubung dan berdaya guna dengan teknologi digital, terutama dalam konteks teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), *Internet of Things* (IoT), dan berbagai teknologi lainnya^[47]. Masyarakat Digital 5.0 lebih mengintegrasikan teknologi digital ke dalam kehidupan manusia sehari-hari, termasuk penggunaan teknologi untuk meningkatkan kualitas hidup, efisiensi, dan konektivitas antara individu dan berbagai aspek masyarakat. Namun demikian, meskipun teknologi digital memainkan peran penting, konsep ini tetap menekankan pentingnya peran manusia dalam proses pengambilan keputusan, penggunaan teknologi, dan pengembangan solusi untuk masalah sosial dan ekonomi. Masyarakat Digital 5.0 juga berusaha untuk menyelesaikan masalah sosial melalui teknologi digital. Hal ini dapat mencakup pemecahan masalah seperti perubahan iklim, ketidaksetaraan sosial, dan tantangan kesehatan masyarakat. Salah satu tujuan utama dari konsep ini adalah meningkatkan kualitas hidup manusia dengan memanfaatkan teknologi digital. Ini termasuk perbaikan dalam layanan kesehatan, pendidikan, transportasi, dan berbagai aspek kehidupan sehari-hari lainnya. Selain fokus pada masalah sosial, Masyarakat Digital 5.0 juga berupaya mencapai kemajuan ekonomi dengan memanfaatkan teknologi digital untuk inovasi,

□ —————

produktivitas, dan pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Konsep ini menekankan pentingnya mencapai keseimbangan antara kemajuan ekonomi dan penyelesaian masalah sosial serta mengutamakan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam pengembangan teknologi dan kebijakan. Saat ini, konsep manusia dan Masyarakat Digital 5.0 masih dalam tahap perkembangan dan implementasi di berbagai negara, dengan tujuannya adalah menciptakan masyarakat yang lebih cerdas secara digital, berkelanjutan, dan berfokus pada kesejahteraan manusia.

Kemanusiaan adalah wujud sifat yang melekat pada esensi sebagai manusia yang merupakan makhluk ciptaan Tuhan YME yang memiliki derajat paling tinggi di antara ciptaan-ciptaan lainnya dalam rentang sejarah peradaban manusia yang tidak hanya di planet Bumi saja, namun manusia yang sudah berkhilafah di bulan dan planet-planet lain di luar angkasa (*interstellar human*). Di dalam Pancasila sendiri, kemanusiaan ini ada di sila ke-2, yaitu Kemanusiaan yang Adil dan Beradab. Jadi, kemanusiaan itu sendiri harus dijaga agar selalu adil dan beradab. Oleh karena itu, inovasi yang merupakan ciptaan manusia perannya adalah sebagai pembantu manusia untuk memenuhi kebutuhan manusia agar lebih manusiawi-kemanusiaannya terjaga-hidupnya lebih sehat, makmur, sejahtera (lahir batin), dan bahagia. Karena perannya sebagai pembantu maka hubungannya dengan manusia sebagai penciptanya harus harmonis. Adanya perkembangan teknologi AI (*Artificial Intelligent*) yang semakin

Oleh karena itu, inovasi yang merupakan ciptaan manusia perannya adalah sebagai pembantu manusia untuk memenuhi kebutuhan manusia agar lebih manusiawi-kemanusiaannya terjaga-hidupnya lebih sehat, makmur, sejahtera (lahir batin), dan bahagia.

Manusia sejak lahir telah memiliki HI (*Human Intelligent*) yang kecerdasan dan kepiantarannya dilengkapi 6 indra (penglihatan, pendengaran, penciuman, pengecapan, perabaan, perasaan) bahkan sebagian manusia memiliki 7 indra (6 + indra metafisik) yang hingga kini (2023) belum mampu disamai dengan *humanoid robot*/manusia tiruan yang hanya memiliki beberapa indra.

intensif dan masif seperti saat ini yang berpotensi mampu membuat sesuatu memiliki kecerdasan dan kepiantaran menyamai bahkan melebihi kecerdasan dan kepiantaran manusia (singularitas diprediksi akan terjadi tahun 2030) itu sendiri melahirkan polemik pro dan kontra.

Manusia sejak lahir telah memiliki HI (*Human Intelligent*) yang kecerdasan dan kepiantarannya dilengkapi 6 indra (penglihatan, pendengaran, penciuman, pengecapan, perabaan, perasaan) bahkan sebagian manusia memiliki 7 indra (6 + indra metafisik) yang hingga kini (2023) belum mampu disamai dengan *humanoid robot*/manusia tiruan yang hanya memiliki beberapa indra. Satu hal yang paling sulit untuk ditiru atau mungkin tidak bisa ditiru oleh *humanoid robot* dengan AI-nya adalah indra perasaan. Di sinilah yang menjadikan manusia masih tetap memiliki posisi sebagai pengendali inovasi hasil ciptaannya termasuk *humanoid robot* dengan AI-nya.

Dalam membangun masyarakat yang saat ini sedang bertransformasi menjadi masyarakat digital, relevan dengan SDGs, UGM juga telah berperan aktif di dalamnya. Inovasi digital dan implementasi tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) telah banyak dilakukan para mahasiswa kuliah kerja nyata (KKN) di berbagai daerah di tanah air. Para mahasiswa bersemangat melaksanakan KKN di daerah terpencil dan kepulauan terdepan, dari Papua hingga Aceh, dengan beragam tema dan fokus kegiatan yang

bermanfaat bagi masyarakat. Berikut dikemukakan bagaimana mahasiswa dan dosen melakukan pengabdian bersama masyarakat akar rumput di wilayah kepulauan terdepan Kabupaten Rote Ndao di Nusa Tenggara dan Kabupaten Kepulauan Sangihe di Sulawesi Utara.

Kabupaten Rote Ndao di ujung selatan Indonesia berbatasan dengan Australia, memiliki karakteristik daerah kering dengan curah hujan rendah serta infrastruktur pembangunan yang terbatas. Para mahasiswa KKN di wilayah kepulauan perbatasan melaksanakan implementasi teknologi tepat guna untuk mendukung pendidikan, pengembangan ekonomi kreatif, pariwisata, hingga pengelolaan air bersih dan sanitasi serta lingkungan. Pendidikan menjadi kunci perubahan maka pemerintah daerah berupaya mengembangkan sarana pendidikan dan pelayanan kesehatan masyarakat diutamakan. Di sisi lain Pulau Rote memiliki pesona alam yang indah dan menantang bagi para peselancar. Pantai Nembrala dikenal sebagai tempat *surfing* berkelas dunia yang diminati wisatawan asing, terutama dari Australia. Pemanfaatan teknologi digital dan media sosial dikembangkan untuk edukasi dasar hingga ekonomi kreatif serta promosi dan pemasaran pariwisata.

Di Kabupaten Kepulauan Sangihe yang luas lautnya 93% dan 7% daratan, mengandalkan perikanan laut, pertanian, dan pariwisata untuk basis pengembangan ekonomi. Model Ketahanan Wilayah Pulau Kecil dan Terluar dikembangkan

Pantai Nembrala dikenal sebagai tempat *surfing* berkelas dunia yang diminati wisatawan asing, terutama dari Australia. Pemanfaatan teknologi digital dan media sosial dikembangkan untuk edukasi dasar hingga ekonomi kreatif serta promosi dan pemasaran pariwisata.

Pada tahun 2020 pemetaan risiko bencana dan pengembangan produk pariwisata dan perikanan dengan meningkatkan kapasitas SDM. Tahun 2021 implementasi rencana dan aksi (renaksi) wilayah pariwisata dan perikanan serta inovasi peningkatan efektivitas pengelolaan dan produksi sektor pariwisata perikanan untuk meningkatkan perekonomian. Tahun 2022 evaluasi dan pengembangan renaksi sesuai budaya lokal serta memperluas jaringan pemasaran dan meningkatkan inovasi bidang produksi dan teknologi informasi. Tahun 2023 pengembangan dan inovasi pertanian, perikanan dan pariwisata berbasis bencana, khususnya bencana hidrometeorologi.

dengan pemanfaatan teknologi digital untuk analisis data dan penyusunan peta digital dikembangkan untuk menyinergikan guna menyusun perencanaan pembangunan desa. Para mahasiswa memberi pelatihan bagi perangkat desa dan pemuda kader desa, juga melakukan kerja sama dengan pemerintah daerah dan didukung alumni.

Selama empat tahun terakhir para mahasiswa secara bertahap dan bergelombang menggarap kegiatan pengabdian terkait tema mitigasi dan manajemen multi-bencana, baik tektonik maupun hidrometeorologi hingga solusi pembangunan wilayah kepulauan. Pada tahun 2020 pemetaan risiko bencana dan pengembangan produk pariwisata dan perikanan dengan meningkatkan kapasitas SDM. Tahun 2021 implementasi rencana dan aksi (renaksi) wilayah pariwisata dan perikanan serta inovasi peningkatan efektivitas pengelolaan dan produksi sektor pariwisata perikanan untuk meningkatkan perekonomian. Tahun 2022 evaluasi dan pengembangan renaksi sesuai budaya lokal serta memperluas jaringan pemasaran dan meningkatkan inovasi bidang produksi dan teknologi informasi. Tahun 2023 pengembangan dan inovasi pertanian, perikanan dan pariwisata berbasis bencana, khususnya bencana hidrometeorologi.

Pemanfaatan teknologi digital untuk penerapan teknologi tepat guna, para mahasiswa belajar memahami persoalan riil yang ada di masyarakat serta mengabdikan dan menerapkan solusi belajar

□ —————

pengalaman bersama masyarakat akar rumput. Inilah kesempatan mahasiswa belajar bersama, mengabdikan diri dan menempera diri menjadi pemimpin masa depan.

3.3. Harmonisasi Inovasi

Inovasi ciptaan manusia yang diekspresikan dalam bentuk teknologi berfungsi untuk membantu manusia agar sifat kemanusiaannya terjaga, hidupnya lebih manusiawi-makmur dan sejahtera (lahir dan batin) yang berkeadilan serta bahagia sehingga dalam proses pengembangan dan hasilnya harus tetap di bawah kendali manusia. Sisi kemanusiaan manusia akan terusik manakala inovasi hasil ciptaannya mampu mengambil keputusan sendiri tanpa campur tangan manusia sebagai penciptanya atau dengan kata lain tidak ada harmonisasi antara inovasi dengan manusia sebagai penciptanya dan yang akan menerima manfaatnya. Di sinilah pentingnya menjaga harmonisasi. Dilema dis-harmonisasi muncul ketika inovasi lain seperti AI diadopsi dan diterapkan pada inovasi lainnya sehingga menjadi lebih pintar dan manfaat yang diperoleh manusia menjadi lebih besar. Oleh karena itu, perlu adanya regulasi internasional di bawah kendali PBB yang mengatur boleh dan tidaknya suatu inovasi dikembangkan dengan tetap mematuhi etika kemanusiaan.

Harmoni antara inovasi dan kemanusiaan merujuk pada pencapaian keseimbangan yang tepat antara perkembangan teknologi (inovasi) dan perhatian terhadap kepentingan dan kesejahteraan

Sisi kemanusiaan manusia akan terusik manakala inovasi hasil ciptaannya mampu mengambil keputusan sendiri tanpa campur tangan manusia sebagai penciptanya atau dengan kata lain tidak ada harmonisasi antara inovasi dengan manusia sebagai penciptanya dan yang akan menerima manfaatnya.

manusia. Ini mengakui bahwa sementara inovasi teknologi dapat membawa kemajuan yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, penting juga untuk memastikan bahwa inovasi tersebut tidak merugikan atau mengabaikan nilai-nilai kemanusiaan, etika, dan dampak sosialnya. Beberapa poin yang menjelaskan konsep harmoni antara inovasi dan kemanusiaan, yaitu: (1) **Keberlanjutan**: harmoni antara inovasi dan kemanusiaan mendorong perkembangan teknologi yang berkelanjutan. Ini berarti teknologi dikembangkan dengan mempertimbangkan dampaknya pada lingkungan, ekonomi, dan masyarakat dalam jangka panjang. Keberlanjutan juga mencakup penggunaan sumber daya secara bijak dan pemikiran tentang bagaimana teknologi dapat membantu mengatasi tantangan lingkungan seperti perubahan iklim; (2) **Etika**: konsep ini menekankan perlunya memasukkan pertimbangan etika dalam pengembangan teknologi. Inovasi harus mematuhi prinsip-prinsip etika, termasuk keadilan, privasi, keamanan, dan kewajiban sosial. Ini melibatkan pengembangan pedoman etika dan regulasi yang sesuai untuk mengatur penggunaan teknologi; (3) **Dampak sosial positif**: harmoni antara inovasi dan kemanusiaan mengedepankan pengembangan teknologi yang memiliki dampak sosial positif. Ini berarti teknologi digunakan untuk memecahkan masalah sosial, meningkatkan kualitas hidup manusia, dan menciptakan masyarakat yang lebih adil dan inklusif; (4) **Pemberdayaan manusia**: inovasi harus dirancang untuk memperkuat

dan memberdayakan individu dan komunitas. Teknologi harus memungkinkan akses yang lebih baik terhadap pendidikan, pekerjaan, informasi, dan peluang ekonomi, sehingga meningkatkan kualitas hidup manusia; (5) **Transparansi dan pertanggungjawaban**: harmoni ini mencakup perlunya transparansi dalam pengembangan dan penggunaan teknologi. Para pengembang dan pemilik teknologi harus bertanggung jawab atas dampaknya, dan informasi tentang teknologi harus tersedia secara terbuka kepada masyarakat; (6) **Keselamatan dan keamanan**: keseimbangan antara inovasi dan kemanusiaan juga mencakup prioritas terhadap keselamatan dan keamanan. Teknologi harus dirancang dengan mempertimbangkan potensi risiko dan upaya untuk mengurangi ancaman terhadap keamanan individu dan masyarakat; dan (7) **Kolaborasi antardisiplin**: untuk mencapai harmoni antara inovasi dan kemanusiaan, kerja sama antara berbagai disiplin ilmu dan pemangku kepentingan diperlukan. Ini mencakup kolaborasi antara ilmuwan, insinyur, etikawan, pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil untuk merancang solusi yang seimbang. Dalam rangka mencapai harmoni antara inovasi dan kemanusiaan, penting untuk mengintegrasikan nilai-nilai kemanusiaan ke dalam pengembangan teknologi dan memastikan bahwa teknologi berfungsi untuk kebaikan bersama manusia dan planet ini. Hal ini membantu memastikan bahwa perkembangan teknologi berkontribusi positif terhadap masyarakat dan tidak **membahayakan**

Ini mencakup kolaborasi antara ilmuwan, insinyur, etikawan, pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil untuk merancang solusi yang seimbang. Dalam rangka mencapai harmoni antara inovasi dan kemanusiaan, penting untuk mengintegrasikan nilai-nilai kemanusiaan ke dalam pengembangan teknologi dan memastikan bahwa teknologi berfungsi untuk kebaikan bersama manusia dan planet ini. Hal ini membantu memastikan bahwa perkembangan teknologi berkontribusi positif terhadap masyarakat dan tidak **membahayakan** nilai-nilai dan prinsip-prinsip yang kita anggap penting sebagai manusia.

nilai-nilai dan prinsip-prinsip yang kita anggap penting sebagai manusia.

Indonesia dengan wilayah berciri maritim terbesar dunia dengan 40,9% populasi penduduk ASEAN, terbesar jumlah suku bangsa (1.340), kekayaan alam melimpah dan sistem pemerintahan presidensial, merupakan negara yang ideal di **Era Digital**, optimis berpotensi akan menjadi negara maju dengan masyarakat makmur, sejahtera, dan bahagia, **“Toto Titi Tentrem Kerto Raharjo”** sesuai amanat UUD 1945. Namun, untuk mewujudkannya menghadapi banyak tantangan: bonus demografi 2030, disrupsi teknologi, perubahan iklim, ancaman krisis ekonomi, pangan-energi, dan dinamika geopolitik global.

PENUTUP

Indonesia dengan wilayah berciri maritim terbesar dunia dengan 40,9% populasi penduduk ASEAN, terbesar jumlah suku bangsa (1.340), kekayaan alam melimpah dan sistem pemerintahan presidensial, merupakan negara yang ideal di **Era Digital**, optimis berpotensi akan menjadi negara maju dengan masyarakat makmur, sejahtera, dan bahagia, **“Toto Titi Tentrem Kerto Raharjo”** sesuai amanat UUD 1945. Namun, untuk mewujudkannya menghadapi banyak tantangan: bonus demografi 2030, disrupsi teknologi, perubahan iklim, ancaman krisis ekonomi, pangan-energi, dan dinamika geopolitik global. Cita-cita ini akan terwujud jika: (1) Proses transformasi digital sebagai bangsa/negara Indonesia berjalan mulus dengan tetap terjaganya rasio pertumbuhan ekonomi/inflasi (E/I) tinggi hingga lepas dari *middle income trap* saat bonus demografi, siap menghadapi krisis ekonomi, pangan dan energi; dan (2) Terjaganya harmonisasi antara inovasi yang terekspresikan dalam IPTEK di berbagai aspek dengan sisi kemanusiaan bangsa Indonesia sendiri sesuai amanat UUD 1945 (Amandemen IV) yang senantiasa **“Memayu Hayuning Bawono”**. Untuk mendukung kedua syarat tersebut, R&D dalam negeri yang kuat (**49 KST, 137 PUI, 730 LR, 4.432 PT**) menjadi bagian penting proses hilirisasi (ber-TKDN

tinggi) “Made in Indonesia” (ber-TKDN tinggi & inovatif). **Modernisasi fasilitas R&D** dengan teknologi terkini (KST, PUI, LR, PT), **Peningkatan pendanaan R&D** (GERD>2%PDB; termasuk tata kelola keuangan & kelembagaan yang lebih efektif, efisien & fleksibel) dan **Peningkatan mutu SDM** relevan dengan Era Industry 4.0/Era Digital perlu dilakukan.

Dalam konteks ini, UGM sebagai salah satu universitas PTNBH terbaik di Indonesia dengan Tridarma Perguruan Tingginya senantiasa mendukung untuk kemajuan Indonesia dalam berbagai bidang dari perdesaan hingga perkotaan, dari Sabang sampai Merauke, dan dari Miangas sampai Rote.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annur, C.M., 2023, Penduduk Indonesia Tembus 278 Jiwa hingga Pertengahan 2023, Databoks (<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/07/13/penduduk-indonesia-tembus-278-juta-jiwa-hingga-pertengahan-2023>, diakses 11/12/2023).
- [2] Trivedi, A.J., Mehta, A., 2019, “Maslow’s of Human Needs: Theory of Human Motivation”, *IJRSML*, Vol. 7, Issue 6.
- [3] Sharma, A. and Singh, B.J., 2020, “Evolution of Industrial Revolution: A Review, International Journal of Innovative Technology & Exploring Engineering”, Vol. 9, Issue 11.
- [4] Akira, M., 2016, “Super Smart Society (Society 5.0)”, JST Mirai Program.
- [5] Tay, S.I., Chuan, L.T., Aziati, A.H.N., Ahmad, A.N.A., 2018, “An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives”, *Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems*, Vol. 10, Issue 14, pp. 1379–1387.
- [6] Tay, S.I., Chuan, L.T., Aziati, A.H.N., Ahmad, A.N.A., 2018, “An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives”,

Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 10, Issue 14, pp. 1379–1387.

- [7] Yu, P. & Cardona, M., 2010, *Fundamentals of Semiconductors (4 Ed.)*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [8] Coldren, L., Corzine, S. & Mashanovitch, M., 2012, *Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits (2nd Ed.)*. John Wiley and Sons. ISBN 9781118148181.
- [9] Jaeger, R.C., 2002, “Lithography”, *Introduction to Microelectronic Fabrication (2nd Ed.)*, Upper Saddle River: Prentice Hall, ISBN 978-0-201-44494-0.
- [10] Kang, B. & Ceder, G., 2009, “Battery Materials for Ultrafast Charging and Discharging”, *Nature*, 458 (7235), pp. 190–193.
- [11] Benko, Attila, ve Cecília Sik Lányi, 2009, History of Artificial Intelligence, Ss. 1759-62 içinde, *Encyclopedia of Information Science and Technology*, 2nd Edition.
- [12] Haenlein, Michael, ve Andreas Kaplan, 2019, A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence, *California Management Review*, 61(4):5-14
- [13] Balcioglu, Yavuz Selim, Melike Artar, ve Prof. Dr. Oya ErdiL, 2022, Artificial Intelligence in Project Management: An Application in The Banking Sector, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*,14(27):323-34. doi: 10.20990/kilisiibfakademik.1159862.
- [14] Haenlein, Michael, ve Andreas Kaplan, 2019, A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence, *California Management Review*, 61(4):5-14.
- [15] McCarthy, J., 2007, *What Is Artificial Intelligence?*, California: Stanford University.

- [16] Danesh, Farshid, ve Somayeh Ghavidel, 2020, Coronavirus: Scientometrics of 50 Years of Global Scientific Productions, *Iranian Journal of Medical Microbiology* 14(1):1-16.
- [17] Jakšič, Marko, ve Matej Marinč, 2019, Relationship Banking and Information Technology: The Role of Artificial Intelligence and FinTech, *Risk Management*, 21(1):118.
- [18] Chen, Lijia, Pingping Chen, ve Zhijian Lin, 2020, Artificial Intelligence in Education: A Review, *IEEE Access*, 8:75264-78.
- [19] Antara, 2019, *Indonesia Memiliki 49 Kawasan Sains Teknologi*, (<https://www.borneonews.co.id/berita/147868-indonesia-miliki-49-kawasan-sains-dan-teknologi>; diakses 11/12/2023).
- [20] Kemenko Bidang Perekonomian RI, Deputi Bidang Koordinasi Pengembangan usaha, BUMN, Riset dan inovasi, *Renstra 2020-2024*.
- [21] Pangkalan Data DIKTI, <https://pddikti.kemdikbud.go.id>. Diakses 30 November 2023.
- [22] Gabel, E., 2023, “Which Raw Materials are Used in Semiconductor Microchip”, *Revolusionized*. Diakses 30 November 2023.
- [23] Xu, C., Dai, Q., Gaines, L., Hu, M., Tukker, A., & Steubing, B., 2020, “Future Material Demand for Automotive Lithium-based Battery”, *Communication Materials*, 1, Article No. 99.
- [24] Hermawan, H., Hamdan, D., & Djuansyah, JRP., 2011, “Metals for Biomedical Applications”, *IntertechOpen*, DOI: 10.5772/19033.
- [25] Ballif, C., Hauq, F.J., Boccard, M., Verlinden, P.J., Hahn, G., 2022, “Status and Perspective of Crystalline Silicon Photovoltaic in Research and Industry”, *Nature Review Materials*, 7, pp. 567–616.
- [26] Gould, J.E., 1978, “Permanent Magnetic”, *IEEE Proceeding, Review*, 125, 1137–1151.

- [27] Katz, R.N. & Hannoosh, G.J., 1985, "Ceramics for High Performance Rolling Element Bearing: A Review & Assessment", *IJHTC/International Journal for High Tech Ceramics*, Vol. 1, Issue 1, pp. 69–79.
- [28] Mbayachi, V.B., Ndayiragije, E., Sammani, T., Taj, S., Mbuta, E.R., Khan, A.U., 2021, "Graphene Synthesis, Characterization and Application: A Review", *Results in Chemistry*, 3, 100163.
- [29] Hani, A., 2021, Indonesia Unveils Its Latest Digital Transformation Strategy, *OpenGov*.(<https://opengovasia.com/indonesia-unveils-its-latest-digital-transformation-strategy/>, diakses 11/12/2023)
- [30] Pangkalan Data DIKTI (<https://pddikti.kemdikbud.go.id>. Diakses 30/11/2023).
- [31] Investor Daily, 2022, 13 tahun Mengejar Bonus Demografi, *Investor*.
- [32] Presiden Joko Widodo, 2023, *Pidato Kenegaraan Sidang MPR-DPR-DPD Tahun 2023*, Jakarta.
- [33] Studt, T., 2022, 2022 Global Funding Forecast: R&D Variants Cover More Than The Pandemic, *R&D Global*.
- [34] Kementerian Perindustrian RI, 2018, *Making Indonesia 4.0*.
- [35] CNBC, 2023, *Kecepatan Internet Indonesia Parah, Cek Data Terbaru* (<https://www.cnbcindonesia.com/tech/20230828152514-37-466786/kecepatan-internet-indonesia-parah-cek-data-terbaru>, diakses 11/12/2023)
- [36] Kemenko Bidang Perekonomian RI, 2023, *Dorong UMKM Naik Kelas dan Go Export, Pemerintah Siapkan Ekosistem Pembiayaan yang Terintegrasi*, Siaran Pers. (<https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/5318/dorong-umkm-naik-kelas-dan-go-export-pemerintah-siapkan-ekosistem-pembiayaan-yang-terintegrasi>, diakses 11/12/2023)
- [37] Hesmondhalgh, D. & Pratt, A. C., 2015, Cultural and creative industries, *The Routledge Companion to the Cultural Industries*, 24-35.
- [38] Ellen MacArthur Foundation, 2019, *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*.

- [39] Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*, W. W. Norton & Company.
- [40] Linder, M., Williander, M., & Eriksson, D., 2017, Circular business model innovation: Inherent uncertainties, *Business Strategy and the Environment*, 26(2), 182-196.
- [41] Carayannis, E. G., & Sindakis, S., 2018, From the triple helix to the quadruple/quintuple innovation helixes: Social ecosystems, corporate innovation & competitive advantage, *International Journal of Technology Management*, 75(1-4), 5-35.
- [42] Gault, F., 2016, Understanding innovation in the creative industries, *Innovation: Management, Policy & Practice*, 18(2), 131-139.
- [43] Cunningham, S. W., Parboteeah, D. V., & Green, M., 2016, Universities and the creative economy: A systematic review of the literature, *Industry and Innovation*, 23(1), 22-42.
- [44] Society 5.0 by Hitachi and The University of Tokyo Joint Research Laboratory Copyright © Hitachi and The University of Tokyo Joint Research Laboratory, 2018.
- [44] Lambordi et al. 2012. Modelling The Smart City Innovation.
- [45] Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., & Meijers, E., 2007, *Smart Cities: Ranking of European medium-sized cities*, Vienna University of Technology, Vienna.
- [46] Utomo, R.G. Wills, G., and Walters, R., 2020. "A Framework for Factors Influencing the Implementation of Information Assurance for E-Government in Indonesia", *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Vol.10 (3).
- [47] Society 5.0 by Hitachi and The University of Tokyo Joint Research Laboratory Copyright © Hitachi and The University of Tokyo Joint Research Laboratory, 2018.

