

Membangun *Learning Health System* melalui Platform Berbasis AI: Implikasi bagi Pengembangan Modal Manusia dan Inovasi Kesehatan

Lucy Widasari^{1*}, Erwan²

¹Ketua LKP PT.Yapindo Jaya Abadi

²Direktur Utama PT.Yapindo Jaya Abadi

Email Corresponding Author: drlucywidasari@gmail.com

ABSTRAK

Transformasi digital di sektor kesehatan merupakan proses struktural berbasis pengetahuan yang semakin menentukan posisi suatu negara dalam ekonomi global berbasis inovasi. Meskipun adopsi teknologi kesehatan digital—seperti kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), analitik data, dan platform digital—mengalami percepatan, banyak negara berkembang masih menghadapi tantangan berupa fragmentasi adopsi, ketergantungan pada teknologi impor, serta keterbatasan kapasitas inovasi domestik. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis transformasi digital kesehatan melalui pendekatan *systems thinking* berbasis kecerdasan buatan, dengan menekankan pentingnya integrasi pembelajaran, riset, dan inovasi medtech dalam membangun ekosistem kesehatan digital yang berdaulat. Secara konseptual, artikel ini menempatkan transformasi layanan kesehatan sebagai sistem adaptif kompleks, di mana AI berperan sebagai orkestrator yang menghubungkan aliran data multisumber, mendukung pengambilan keputusan klinis berbasis bukti, dan memungkinkan terbentuknya *learning health system*. Lebih lanjut, kajian ini mengelaborasi pergeseran paradigma dari *market economy* menuju *inventor economy* dengan menyoroti hubungan resiprokal antara talenta digital, investasi sebagai *learning capital*, dan transfer teknologi tertanam sebagai *innovation feedback loop*. Sebagai studi model, artikel ini mengkaji M3 SuperApp by Yapindo dan Yapindo Medtech Hubs sebagai platform berbasis AI yang mengintegrasikan pembelajaran, riset, publikasi ilmiah, dan inovasi medtech dalam satu ekosistem digital. Hasil analisis menunjukkan bahwa model SuperApp berbasis kecerdasan buatan berpotensi berfungsi sebagai infrastruktur strategis pengembangan modal manusia kesehatan, mendorong peralihan peran tenaga kesehatan dari pengguna teknologi menjadi produsen pengetahuan dan inovator medtech, serta memperkuat kapasitas inovasi nasional secara berkelanjutan.

Kata kunci: kecerdasan buatan, SuperApp, kesehatan digital, inovasi medtech, sistem inovasi

PENDAHULUAN

Pengetahuan memiliki peran sentral sebagai penentu utama dalam proses pertumbuhan dan pembangunan ekonomi, serta menjadi elemen strategis yang memengaruhi arah, skala, dan laju kemajuan peradaban manusia. Dalam kerangka teori pertumbuhan modern, pengetahuan dipahami sebagai sumber daya yang bersifat non-rival dan akumulatif, sehingga mendorong peningkatan produktivitas jangka panjang

melalui proses inovasi dan pembelajaran yang berlangsung secara berkesinambungan.

Dalam konteks perubahan struktural dan disruptif global yang tidak terelakkan—seperti globalisasi, transformasi digital, dan transisi demografis—difusi pengetahuan menjadi mekanisme esensial yang memungkinkan individu, institusi, dan masyarakat beradaptasi terhadap dinamika tersebut

secara efektif.

Meskipun difusi teknologi sering dianggap sebagai prasyarat utama modernisasi, keberadaan teknologi tidak secara otomatis menjamin terjadinya difusi pengetahuan yang optimal. Teknologi hanya akan menghasilkan dampak ekonomi dan sosial yang signifikan apabila didukung oleh kapasitas modal manusia yang memadai, termasuk tingkat pendidikan, keterampilan kognitif, serta kemampuan institusional untuk menyerap, mengadaptasi, dan mengembangkan pengetahuan baru. Dengan demikian, investasi dalam modal manusia menjadi komponen krusial dalam memastikan bahwa kemajuan teknologi dapat diterjemahkan menjadi peningkatan produktivitas dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

Investasi yang efektif dalam modal manusia melalui pendidikan, kesehatan, dan pelatihan merupakan elemen sentral dalam strategi pembangunan jangka panjang karena memberikan imbal hasil ekonomi yang substansial. Namun demikian, manfaat dari investasi tersebut umumnya bersifat jangka panjang, berskala lintas generasi, dan tidak selalu terlihat secara langsung dalam siklus politik jangka pendek.

1. Transformasi Digital Kesehatan dan Tantangan Negara Berkembang

Dalam beberapa dekade terakhir, transformasi digital di sektor kesehatan mengalami akselerasi yang signifikan seiring dengan pesatnya adopsi kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), analitik data berskala besar (*big data analytics*), serta platform digital terintegrasi. Di negara-negara maju, teknologi digital telah dimanfaatkan secara strategis untuk memperkuat pendidikan tenaga kesehatan, meningkatkan kualitas dan efisiensi riset klinis, serta mendorong inovasi berkelanjutan di bidang teknologi medis (*medical technology* atau *medtech*). Pemanfaatan AI, misalnya, terbukti meningkatkan akurasi diagnosis, mempercepat pengembangan obat, serta memungkinkan pendekatan pengobatan yang lebih presisi dan berbasis data.

Lebih jauh, integrasi erat antara pembelajaran, riset, dan inovasi dalam kerangka transformasi digital telah melahirkan ekosistem kesehatan digital yang adaptif dan produktif. Ekosistem ini tidak hanya berdampak pada peningkatan kualitas layanan kesehatan, tetapi juga memperkuat daya saing global melalui pengembangan sumber daya manusia kesehatan yang unggul dan inovatif. Dengan demikian, transformasi digital di sektor kesehatan tidak dapat dipisahkan dari agenda pembangunan modal manusia, karena keberhasilannya sangat

bergantung pada kemampuan individu dan institusi dalam mengelola, memanfaatkan, dan mengembangkan pengetahuan secara berkelanjutan.

Namun, di banyak negara berkembang, transformasi digital kesehatan masih menghadapi tantangan struktural yang serius. Adopsi teknologi cenderung terfragmentasi, berorientasi pada konsumsi pasar, serta bergantung pada solusi impor, dengan keterbatasan signifikan

dalam pengembangan kapasitas inovasi domestik. Kondisi ini menyebabkan negara-negara tersebut lebih sering berperan sebagai *technology user* daripada *technology creator*, sehingga nilai tambah ekonomi dan penguasaan pengetahuan strategis tetap berada di luar negeri.

2. Transformasi Layanan Kesehatan sebagai Sistem Adaptif: Pendekatan *Systems Thinking*

Berbasis Kecerdasan Buatan

Kemajuan teknologi digital dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan mendasar pada cara sistem kesehatan dirancang, dioperasikan, dan dikembangkan. Teknologi seperti *telemedicine*, aplikasi kesehatan berbasis ponsel pintar, *wearable devices*, genomik, kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI), dan robotika tidak lagi berdiri sebagai inovasi terpisah, melainkan membentuk suatu spektrum transformasi

yang secara progresif memengaruhi struktur layanan kesehatan dan tenaga kerja kesehatan hingga beberapa dekade ke depan. Perkembangan ini menandai pergeseran paradigma layanan kesehatan dari model reaktif menuju model prediktif, presisi, dan personalisasi.

Pada tahap awal transformasi, teknologi digital berperan sebagai *access enabler*. *Telemedicine* dan aplikasi kesehatan berbasis ponsel memperluas akses layanan, mengurangi hambatan geografis, dan meningkatkan efisiensi interaksi antara pasien dan tenaga kesehatan. Selanjutnya, adopsi sensor, *wearable devices*, dan sistem *remote monitoring* memperkenalkan dimensi baru berupa pengumpulan data kesehatan secara kontinu dan real-time. Pada tahap ini, sistem kesehatan mulai beralih dari pengamatan episodik menuju pemantauan berkelanjutan terhadap kondisi individu.

Transformasi menjadi semakin mendalam ketika teknologi genomik dan kecerdasan buatan mulai diintegrasikan. Kemampuan membaca genom (*reading the genome*) memungkinkan pemahaman risiko kesehatan pada tingkat molekuler, sementara pemanfaatan *natural language processing* (NLP) memungkinkan analisis data klinis tidak terstruktur seperti rekam medis, laporan radiologi, dan literatur ilmiah. Pada fase ini, layanan kesehatan tidak lagi semata-mata berbasis populasi,

tetapi bergerak menuju *precision medicine* yang berfokus pada karakteristik biologis dan klinis individu.

Peran AI semakin strategis ketika digunakan untuk *automated image interpretation, predictive analytics*, serta robotika intervensional dan rehabilitatif. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan akurasi diagnosis dan efektivitas terapi, tetapi juga mengubah peran AI dari alat bantu pasif menjadi mitra kognitif dalam pengambilan keputusan klinis. Tahap paling lanjut dari spektrum ini ditandai oleh kemampuan *writing the genome*, yang merepresentasikan fase di mana teknologi tidak hanya memprediksi dan mendeteksi penyakit, tetapi juga berpotensi melakukan intervensi langsung pada mekanisme biologis dasar. Rangkaian perkembangan tersebut hanya dapat dipahami secara utuh melalui pendekatan *systems thinking* berbasis AI. Dalam perspektif ini, sistem kesehatan dipandang sebagai sistem adaptif kompleks yang terdiri dari subsistem teknologi, manusia, institusi, dan kebijakan yang saling berinteraksi. AI berperan sebagai *orchestrator* yang mengintegrasikan aliran data multisumber, memproses informasi melalui algoritma pembelajaran mesin, dan menghasilkan dukungan keputusan klinis yang berbasis bukti.

Dalam kerangka *systems thinking*, transformasi digital kesehatan dapat

dipetakan ke dalam beberapa lapisan sistem. Pada lapisan input, data dihasilkan dari telemedicine, sensor, genomik, dan rekam medis elektronik. Pada lapisan pemrosesan, AI menganalisis pola, mengidentifikasi risiko individual, serta memprediksi kerentanan kesehatan sebelum muncul gejala klinis. Lapisan pengambilan keputusan memanfaatkan AI sebagai *clinical decision support system* yang memperkuat *clinical reasoning* tenaga kesehatan, bukan menggantikannya. Selanjutnya, pada lapisan aksi, teknologi seperti robotika, terapi presisi, dan intervensi digital dieksekusi, dengan hasilnya kembali menjadi data baru yang memperkaya sistem pembelajaran.

Pendekatan ini menghasilkan apa yang dikenal sebagai *learning health system*, yaitu sistem kesehatan yang mampu belajar secara berkelanjutan dari setiap interaksi klinis. Dalam sistem semacam ini, nilai utama AI tidak terletak pada satu teknologi tertentu, melainkan pada kemampuannya menghubungkan seluruh subsistem menjadi satu kesatuan yang adaptif, reflektif, dan berorientasi pada pencegahan.

Implikasi dari pendekatan *systems thinking* berbasis AI sangat signifikan bagi pengembangan layanan kesehatan dan pendidikan tenaga kesehatan. Teknologi kesehatan digital tidak hanya

memungkinkan identifikasi risiko personal dan prediksi kerentanan individu, tetapi juga mendorong transformasi layanan dari *reactive care* menuju *predictive and preventive care*. Pada saat yang sama, pendekatan ini menuntut penguatan kapasitas sumber daya manusia kesehatan agar mampu memahami sistem secara menyeluruh, berpikir lintas disiplin, dan memanfaatkan AI secara kritis dan etis.

Dengan demikian, transformasi digital kesehatan tidak dapat direduksi menjadi proyek teknologi semata. Ia merupakan proses rekayasa sistem sosial-teknologi-biologis yang kompleks, di mana keberhasilan ditentukan oleh kemampuan mengintegrasikan teknologi, pengetahuan, dan manusia ke dalam satu sistem yang berpikir, belajar, dan berkembang secara berkelanjutan.

3. Dari Market Economy Menuju Inventor Economy

Transformasi digital tidak dapat dimaknai semata-mata sebagai upaya menciptakan pasar bagi teknologi. Transformasi yang berkelanjutan harus diarahkan pada pembangunan kapasitas nasional sebagai *inventor* dan *technology producer*. Perubahan paradigma ini menuntut pendekatan sistemik, di mana pengembangan talenta digital, investasi, dan transfer teknologi saling terhubung dalam hubungan resiprokal yang

memperkuat satu sama lain, bukan berjalan secara linear dan terpisah.

Salah satu tantangan utama adalah posisi talenta digital yang masih sering diperlakukan sebagai operator atau pengguna teknologi. Padahal, dalam ekonomi berbasis pengetahuan, talenta digital merupakan aktor kunci dalam produksi pengetahuan, penciptaan inovasi, dan pengembangan *intellectual property*. Oleh karena itu, reorientasi peran talenta digital dari sekadar pengguna menjadi *knowledge producer* merupakan prasyarat utama bagi terciptanya ekosistem inovasi yang berdaulat.

Reorientasi ini memerlukan strategi komprehensif, antara lain melalui penguatan kurikulum berbasis *deep technology*—seperti AI, semikonduktor, bioteknologi digital, dan *cybersecurity*—yang menekankan *first-principles thinking* dibandingkan sekadar penguasaan alat (*tool proficiency*). Selain itu, insentif terhadap riset terapan dan paten, serta peningkatan mobilitas talenta lintas sektor akademia, industri, dan pemerintah, menjadi mekanisme penting untuk mempercepat difusi pengetahuan dan memperkuat kapasitas inovatif nasional.

4. Investasi sebagai Learning Capital dan Transfer Teknologi Tertanam

Penguatan talenta digital tidak dapat dilepaskan dari peran investasi.

Dalam konteks transformasi digital, investasi perlu dipahami bukan hanya sebagai *financial capital*, tetapi sebagai *learning capital*. Investasi yang berorientasi jangka pendek dan murni pasar cenderung gagal membangun kapasitas inovasi domestik. Sebaliknya, investasi bersyarat (*conditional investment*), berjangka panjang (*patient capital*), dan terintegrasi dengan ekosistem riset serta inkubasi inovasi memiliki potensi besar dalam mempercepat pembelajaran teknologi dan penciptaan invensi lokal.

Dimensi lain yang tidak kalah penting adalah transfer teknologi. Transfer teknologi yang berorientasi pada pembangunan kapasitas harus bersifat aktif dan tertanam (*embedded transfer*), mencakup pelatihan mendalam, akses terhadap *source knowledge*, kolaborasi desain, serta skema kepemilikan paten bersama (*joint patent ownership*). Dalam konteks ini, pengembangan ekosistem *reverse engineering* yang legal dan terstruktur juga berfungsi sebagai instrumen pembelajaran teknologi lanjutan yang strategis.

Ketika talenta digital, investasi, dan transfer teknologi dirancang dalam hubungan yang saling memperkuat, akan terbentuk suatu *innovation feedback loop*. Talenta unggul menghasilkan inovasi, inovasi menarik investasi berbasis

teknologi, investasi mempercepat transfer teknologi, dan transfer teknologi kembali meningkatkan kualitas talenta. Mekanisme ini membentuk *self-reinforcing innovation system* yang memungkinkan pergeseran struktural dari *market economy* menuju *inventor economy*.

Perlu perlindungan kekayaan intelektual yang kuat namun adaptif, serta pengadaan publik berbasis inovasi (*innovation-driven public procurement*), negara dapat menciptakan “pasar pertama” bagi invensi domestik dan mengorkestrasikan aktor, sumber daya, serta kebijakan dalam satu kerangka inovasi sistemik.

Dalam konteks pembelajaran di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK), penguatan modal manusia berbasis *deep technology* memiliki karakteristik yang bersifat spesifik dan kontekstual. Pendidikan kedokteran secara inheren menuntut kapasitas *rapid problem solving*, *clinical reasoning*, serta kemampuan menelaah, menginterpretasikan, dan mensintesis literatur ilmiah secara cepat, akurat, dan kritis. Tingginya laju publikasi ilmiah dan percepatan inovasi teknologi medis menjadikan kompetensi *learning how to learn* dan *evidence-based reasoning* sebagai elemen fundamental yang bersifat esensial dan tidak dapat digantikan dalam pembentukan tenaga kesehatan yang

adaptif dan berdaya saing.

Pendekatan *first-principles thinking* menjadi fondasi utama dalam pemecahan masalah klinis. Integrasi AI, bioteknologi digital, dan analitik data kesehatan ke dalam kurikulum harus diarahkan untuk memperkuat pemahaman patofisiologi, biologi molekuler, statistik medis, dan metode ilmiah—bukan sekadar penggunaan aplikasi klinis. Dengan demikian, mahasiswa kedokteran mampu menilai logika, asumsi, dan keterbatasan teknologi secara kritis dan etis.

Model pembelajaran berbasis *problem-based learning* (PBL) dan *case-based learning* (CBL) menuntut mahasiswa menguasai *rapid evidence appraisal*, yaitu kemampuan mengidentifikasi desain penelitian, menilai validitas metodologi, memahami hasil utama, dan menarik implikasi klinis secara efisien. Kompetensi ini menjadi inti praktik kedokteran berbasis bukti (*evidence-based medicine*).

5. M3 SuperApp dan Yapindo Medtech Hubs sebagai Infrastruktur Inovasi

Dalam situasi inilah, kehadiran **M3 SuperApp by Yapindo** menjadi relevan untuk dikaji secara akademik. Platform ini berfungsi sebagai *enabling platform* yang mengintegrasikan pembelajaran, riset, dan inovasi medtech berbasis AI. Dukungan terhadap riset, penulisan akademik, dan publikasi ilmiah

Published by : PT Bukuloka Literasi Bangsa

melalui ekosistem seperti Yapscholn dan jejaring jurnal ilmiah mendorong mahasiswa dan dosen bertransformasi dari konsumen pengetahuan menjadi produsen pengetahuan. Lebih lanjut, **Yapindo Medtech Hubs** berperan sebagai simpul inovasi yang menghubungkan akademisi, talenta digital kesehatan, dan praktisi klinis dalam pengembangan solusi teknologi berbasis kebutuhan lokal. Model ini mencerminkan praktik transfer teknologi aktif, di mana pembelajaran dan inovasi berlangsung secara simultan, bukan sekadar adopsi teknologi yang telah matang. Keterlibatan ratusan ribu peserta didik, ribuan karya ilmiah berISBN, serta ratusan sesi webinar ilmiah menunjukkan peran M3 SuperApp sebagai *pipeline* pengembangan talenta kesehatan digital. Platform ini mendukung pembelajaran sepanjang hayat, integrasi riset dalam pendidikan, serta penguatan kompetensi inovatif tenaga kesehatan. Dengan demikian, M3 SuperApp tidak hanya berfungsi sebagai media pembelajaran digital, tetapi sebagai *strategic infrastructure* dalam pembangunan modal manusia kesehatan dan pergeseran menuju ekosistem inovasi kesehatan yang berdaulat.

KESIMPULAN
Transformasi digital kesehatan merupakan transformasi berbasis pengetahuan yang bersifat struktural, bukan sekadar modernisasi layanan atau

digitalisasi proses. Bukti konseptual dalam kajian ini menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi tidak ditentukan oleh tingkat adopsi teknologi (AI, analitik data, platform), melainkan oleh kemampuan sistem nasional membangun learning health system (LHS): sistem kesehatan yang mampu mengubah data klinis menjadi pengetahuan, pengetahuan menjadi keputusan berbasis bukti, dan keputusan menjadi perbaikan layanan secara iteratif. Di banyak negara berkembang, hambatan utama bukan ketiadaan teknologi, melainkan lemahnya kapasitas inventif akibat fragmentasi implementasi, ketergantungan pada teknologi impor, serta modal manusia yang masih diposisikan sebagai pengguna, bukan produsen pengetahuan. Kondisi tersebut memperkuat pola *market economy* berbasis konsumsi teknologi dan menghambat pergeseran menuju *inventor economy* yang menciptakan nilai tambah melalui riset, paten, dan inovasi medtech berbasis kebutuhan lokal.

Kajian ini menegaskan bahwa pergeseran menuju ekosistem kesehatan digital yang berdaulat hanya mungkin melalui desain hubungan resiprokal yang sistemik antara (i) talenta digital kesehatan, (ii) investasi sebagai learning capital, dan (iii) transfer teknologi tertanam. Ketiganya harus dirancang sebagai innovation feedback

loop: talenta menghasilkan inovasi; inovasi menarik investasi berbasis teknologi; investasi mempercepat transfer teknologi; dan transfer teknologi meningkatkan kapasitas talenta secara berkelanjutan.

Sebagai ilustrasi model, M3 SuperApp by Yapindo dan Yapindo Medtech Hubs memperlihatkan bagaimana platform berbasis AI dapat berfungsi sebagai infrastruktur orkestrasi inovasi—mengintegrasikan pembelajaran adaptif, riset, publikasi ilmiah, dan jejaring inovator. Model ini berpotensi mempercepat pembentukan modal manusia kesehatan, mendorong tenaga kesehatan menjadi *knowledge producers*, serta menjadi jembatan menuju inovasi medtech yang lebih kontekstual, efisien, dan berkelanjutan. Dengan demikian, platform AI yang terintegrasi tidak seharusnya diposisikan sebagai media pembelajaran digital semata, melainkan sebagai komponen strategis dalam arsitektur sistem inovasi kesehatan.

Secara keseluruhan, transformasi digital kesehatan yang berkelanjutan hanya dapat dicapai melalui orkestrasi sistemik antara talenta digital, investasi sebagai *learning capital*, dan transfer teknologi tertanam, yang membentuk *self-reinforcing innovation system* menuju *learning health system* yang berdaulat.

REKOMENDASI KEBIJAKAN

- 1) Mengubah “indikator keberhasilan” transformasi digital kesehatan.** Masalah: keberhasilan sering diukur dari jumlah aplikasi, pengguna, atau digitalisasi layanan. Rekomendasi: tetapkan metrik inventor-oriented sebagai indikator nasional, misalnya: jumlah clinical innovation yang tervalidasi, paten medtech/digital health, dan spin-off; publikasi terindeks dan translasi riset ke prototipe/produk; penurunan clinical error dan peningkatan luaran klinis berbasis data-to-knowledge loop.
- 2) Institusionalisasikan Learning Health System sebagai desain sistem, bukan proyek teknologi.** Masalah: implementasi AI sering menjadi proyek pilot yang terputus dari tata kelola layanan. Rekomendasi: bangun LHS dengan tiga komponen wajib: Data governance (standarisasi, interoperabilitas, kualitas data klinis); Evidence-to-decision pipeline (clinical decision support yang terintegrasi workflow); Continuous learning loop (audit luaran, pembaruan model, dan umpan balik klinis).
- 3) Reformasi kurikulum FKIK: dari “AI literacy” ke “AI-augmented clinical reasoning”.** Masalah: integrasi AI sering berhenti pada pelatihan penggunaan alat. Rekomendasi: jadikan deep tech sebagai

fondasi kompetensi berbasis prinsip: statistik medis dan kausalitas, patofisiologi berbasis data, evaluasi model AI, etika dan keselamatan pasien; first-principles thinking untuk menilai asumsi, bias, dan keterbatasan teknologi; keluaran pembelajaran berbasis produk: prototipe, clinical pathway optimization, atau data-driven guideline.

- 4) Tetapkan Rapid Evidence Appraisal sebagai kompetensi inti yang terukur.** Masalah: literasi ilmiah sering bersifat deklaratif dan tidak terstandardisasi. Rekomendasi: integrasikan modul wajib dan asesmen kompetensi: kemampuan menilai desain studi, bias, validitas, effect size, dan clinical applicability; integrasi PBL/CBL dengan evidence retrieval yang dibantu AI, tetapi validasi tetap oleh mahasiswa/dosen; ukur melalui OSCE berbasis bukti, critical appraisal exam, dan portofolio EBM.
- 5) Redesign investasi: dari “pembelian teknologi” ke “pembelajaran teknologi”.** Masalah: belanja teknologi mempercepat adopsi, tetapi tidak membangun kapabilitas. Rekomendasi: terapkan conditional investment dan patient capital: setiap investasi platform/AI mensyaratkan program capability transfer (pelatihan, co-development, co-authorship, co-patent); pendanaan multiyears untuk riset translasi dan validasi klinis; dukung

venture studio berbasis riset untuk medtech/digital health.

6) Terapkan transfer teknologi tertanam (embedded) dengan skema co-invention. Masalah: transfer teknologi pasif menciptakan ketergantungan. Rekomendasi: standar minimal transfer teknologi: akses pada source knowledge (dokumentasi, dataset sintetik/terkendali, protokol evaluasi); joint development dan joint IP untuk solusi yang disesuaikan konteks lokal; ekosistem pembelajaran lanjutan yang legal, termasuk benchmarking dan reverse engineering yang etis dan sesuai regulasi.

7) Jadikan negara sebagai “first buyer” inovasi kesehatan domestik. Masalah: inovasi lokal gagal skala karena tidak punya pasar awal dan bukti. Rekomendasi: gunakan innovation-

driven public procurement: pengadaan berbasis outcome (mis. penurunan waktu tunggu, peningkatan akurasi diagnosis); sandbox regulasi untuk uji klinis teknologi digital; jalur cepat adopsi untuk inovasi yang terbukti aman dan efektif.

8) Institusionalisasikan platform terintegrasi sebagai infrastruktur nasional talenta dan inovasi. Masalah: platform pembelajaran, riset, dan inovasi sering berjalan terpisah. Rekomendasi: dorong platform terintegrasi (seperti model M3 SuperApp–Medtech Hubs) sebagai tulang punggung lifelong learning tenaga kesehatan; repositori publikasi, data pembelajaran, dan jejaring inovator; orkestrator kolaborasi universitas–RS pendidikan–industri untuk riset translasi dan inovasi medtech.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. *Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial 2020–2024*. Jakarta: BPPT; 2020.

Creswell JW. *Research design: Pendekatan kualitatif, kuantitatif, dan mixed* Edisi ke-3. Yogyakarta: Pustaka Pelajar; 2014.

Deng F, Lv JH. *Research methodology and design* [data bibliografis tidak lengkap—mohon lengkapi judul/penerbit/kota terbit]. 2010.

Dewan Teknologi Informasi dan Komunikasi Nasional. *Akselerasi Implementasi Kecerdasan Artifisial di Indonesia* [Focus group discussion]. Jakarta; 9 Jun 2022.

Direktorat Jenderal Perimbangan Keuangan, Kementerian Keuangan Republik Indonesia. *Laporan Perkembangan Ekonomi dan Fiskal Daerah (Periode 23 November– 4 Desember 2020)* [Internet]. 2020 [diakses 29 Mei 2022].

Tersedia pada: <https://djp.kemenkeu.go.id/wp-content/uploads/2021/03/LPEFD-VIKinerja-Smart-City.pdf>

IBM. *What is artificial intelligence?* [Internet]. [tanpa tahun] [diakses 2 Jun 2022].

Tersedia pada: <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>

Mahardika ZP, Priancha A. *Pengaturan hukum artificial intelligence di Indonesia saat ini* [Internet]. Depok: Fakultas Hukum Universitas Indonesia; 2022 [diakses 2 Jun 2022].

Tersedia pada: <https://law.ui.ac.id/pengaturan-hukum-artifical-intelligence-indonesia-saat-ini-oleh-zahrashafa-pm-angga-priancha/>

National Health Service. *The Topol Review: Preparing the Healthcare Workforce to Deliver the Digital Future.* London: NHS; 2019.

Oxford Learner's Dictionaries. *Artificial intelligence* [Internet]. [tanpa tahun] [diakses 2 Jun 2022]. Tersedia pada: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com>

Jumhur, Mutiarsih H. *Model kelembagaan dalam implementasi inovasi kecerdasan artifisial di Indonesia* [Focus group discussion]. Jakarta: Dewan TIK Nasional; 23 Nov 2022.

Kraay A. *Methodology for a World Bank Human Capital Index (Policy Research Working Paper No. 8593)* [Internet]. Washington (DC): World Bank; 2018 [diakses tanggal akses bila diperlukan].

Kolaborasi Riset dan Inovasi Industri Kecerdasan Artifisial (KORIKA). *Focus group action: AI ecosystem and use cases* [Webinar]. Jakarta; 27 Agu 2022.

Presiden Republik Indonesia. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik* [Internet]. 2018 [diakses tanggal akses bila diperlukan]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id>

Purwarianti A. *Urgensi penerapan kecerdasan artifisial untuk menyongsong Indonesia Emas 2045* [Focus group discussion]. Jakarta: Dewan TIK Nasional; 23 Nov 2022.

Wollowski M, Bath T, Brusniak S, Crowell M, Dong S, Knierman J, et al. Constructing mutual context in human-robot collaborative problem solving with multimodal input. In: *Human-machine shared contexts*. London: Academic Press; 2020. p. 399–420. doi:10.1016/B978-0-12-820543-3.00016-6