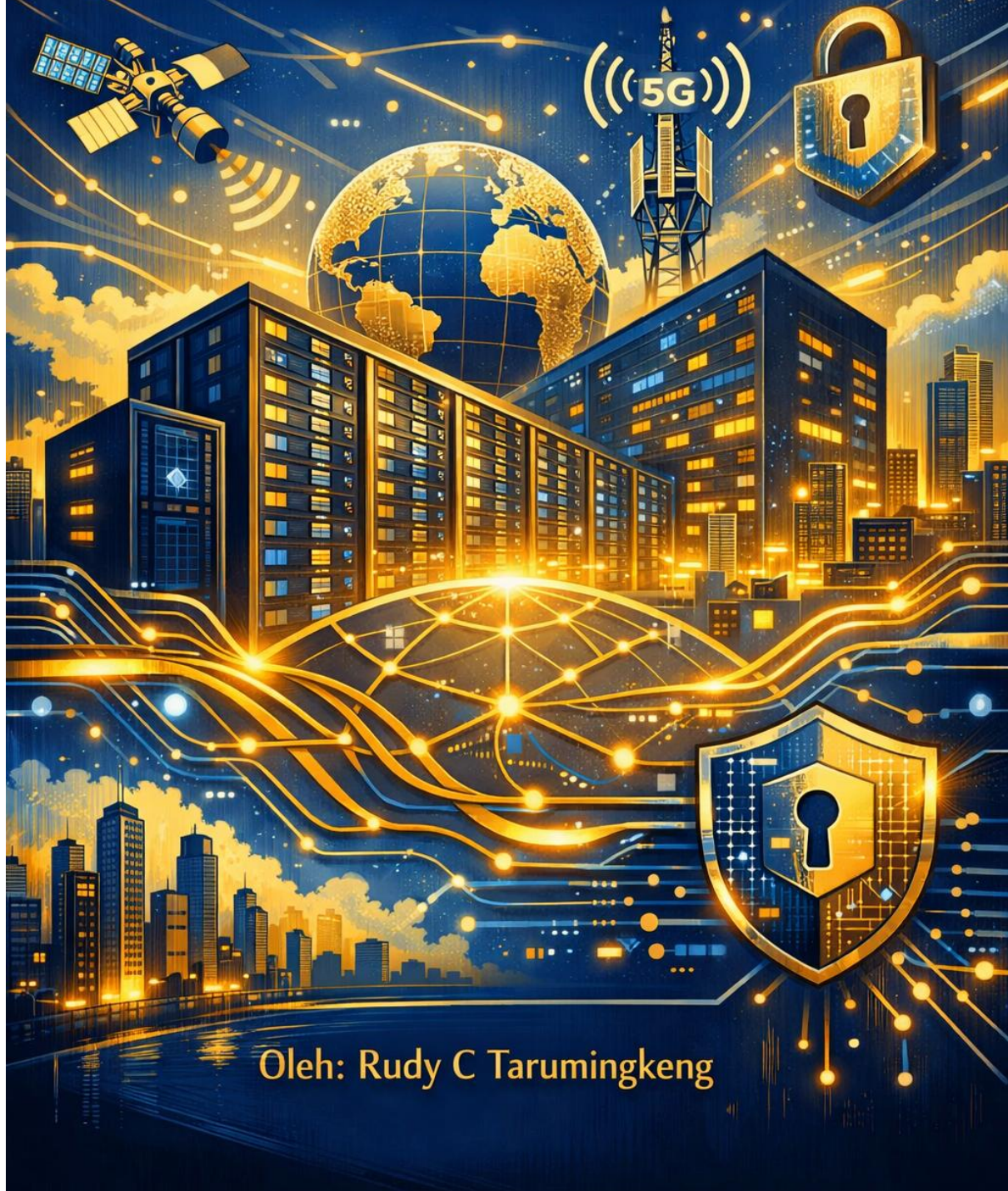


INFRASTRUKTUR DIGITAL

Sebagai Tulang Punggung Ekonomi:
Data Center, Konektivitas, dan Ketahanan Siber



Oleh: Rudy C Tarumingkeng

Rudy C Tarumingkeng: Infrastruktur digital sebagai tulang punggung ekonomi: data center, konektivitas, dan ketahanan siber

Oleh:

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

Professor of Management NUP: 9903252922

Professor Emeritus, IPB-University

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

Rektor, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari

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

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

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

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

© RudyCT Academic Series

rudyclt75@gmail.com

28 March 2026

INFRASTRUKTUR DIGITAL SEBAGAI TULANG PUNGGUNG EKONOMI: DATA CENTER, KONEKTIVITAS, DAN KETAHANAN SIBER

Abstrak

Pada abad ke-21, infrastruktur digital telah bergeser dari sekadar perangkat pendukung teknologi menjadi fondasi produksi, distribusi, pelayanan, dan inovasi ekonomi. Jika pada era industrialisasi klasik jalan raya, pelabuhan, rel kereta, dan listrik menjadi prasyarat pertumbuhan, maka dalam ekonomi digital peran serupa kini dijalankan oleh broadband, pusat data, cloud, sistem pertukaran data, dan arsitektur keamanan siber. Bank Dunia menempatkan broadband yang cepat dan terjangkau serta data center dan cloud berkapasitas tinggi sebagai fondasi digitalisasi; dalam kerangka Digital Public Infrastructure, unsur-unsur tersebut juga diposisikan sebagai landasan bagi identitas digital, layanan publik digital, pertukaran data, perlindungan data pribadi, dan keamanan siber. Pada saat yang sama, ITU menunjukkan bahwa pada 2025 sekitar 74 persen populasi dunia telah online, tetapi 2,2 miliar orang masih belum terhubung, sementara kesenjangan urban-rural tetap lebar, yakni 85 persen di wilayah perkotaan berbanding 58 persen di wilayah perdesaan. Data itu menegaskan bahwa infrastruktur digital bukan hanya isu teknologi, melainkan isu produktivitas, pemerataan, daya saing, dan keadilan pembangunan. ([The World Bank](#))

Makalah ini membahas infrastruktur digital sebagai “tulang punggung ekonomi” melalui tiga komponen utama, yaitu data center, konektivitas,

dan ketahanan siber. Pertama, data center dianalisis sebagai simpul nilai ekonomi yang memungkinkan penyimpanan, pemrosesan, dan orkestrasi data berskala besar, sekaligus menjadi prasyarat bagi cloud, AI, dan layanan digital lintas sektor. Kedua, konektivitas dipahami sebagai mekanisme integrasi wilayah dan perluasan kesempatan ekonomi, terutama bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang masih menghadapi tantangan blank spot, biaya akses, kualitas last mile, dan keterbatasan fixed broadband. Ketiga, ketahanan siber dibahas sebagai fondasi kepercayaan dan kontinuitas ekonomi digital, sebab digitalisasi tanpa tata kelola keamanan, backup berlapis, dan kapasitas respons insiden hanya akan menghasilkan sistem yang efisien tetapi rapuh. Dalam konteks Indonesia, data APJII menunjukkan bahwa penetrasi internet telah mencapai 79,5 persen atau 221,56 juta pengguna pada 2024; namun pemerintah masih menyebut sekitar 2.500 desa belum terhubung pada 2025, sehingga agenda pemerataan belum selesai. Di sisi lain, pengembangan SATRIA-1, Pusat Data Nasional, SPBE, UU Pelindungan Data Pribadi, dan Rencana Aksi Nasional Keamanan Siber 2024–2028 menunjukkan bahwa Indonesia telah bergerak menuju penguatan tata kelola infrastruktur digital nasional. ([APJII](#))

Makalah ini berargumentasi bahwa keberhasilan ekonomi digital Indonesia tidak cukup hanya bertumpu pada pertumbuhan pengguna internet atau ekspansi aplikasi digital. Yang jauh lebih menentukan adalah kualitas fondasi digitalnya: kapasitas pusat data yang andal, konektivitas yang merata dan bermakna, serta ketahanan siber yang proaktif dan terlembaga. Dengan demikian, pembangunan infrastruktur digital harus diletakkan sejajar dengan pembangunan infrastruktur fisik lain dalam strategi pembangunan nasional, sebab di atas fondasi inilah layanan publik modern, industri berbasis data, inovasi bisnis, dan daya saing bangsa akan bertumpu. ([The World Bank](#))

Kata kunci

infrastruktur digital; data center; konektivitas; ketahanan siber; ekonomi digital; Pusat Data Nasional; SATRIA-1; SPBE; perlindungan data pribadi; Indonesia

Infrastruktur Digital sebagai Tulang Punggung Ekonomi: Data Center, Konektivitas, dan Ketahanan Siber

Pendahuluan

Pembicaraan mengenai pertumbuhan ekonomi pada masa lalu hampir selalu dikaitkan dengan infrastruktur fisik: jalan untuk mobilitas barang, pelabuhan untuk perdagangan, listrik untuk industri, dan jaringan logistik untuk distribusi. Dalam ekonomi digital, struktur itu tidak hilang, tetapi memperoleh lapisan baru yang semakin menentukan. Data kini menjadi input ekonomi seperti halnya tenaga kerja, tanah, dan modal. Karena itu, ekonomi modern memerlukan infrastruktur yang mampu menangkap, menyimpan, memproses, memindahkan, dan melindungi data secara efisien. World Bank Group menegaskan bahwa data center membentuk backbone dari cloud and data infrastructure, sedangkan Indonesia Economic Prospects 2025 menyebut fast and affordable broadband internet serta high-capacity data centers and cloud sebagai fondasi digitalisasi yang dapat membantu Indonesia mencapai tujuan ekonominya. Dengan demikian, istilah “tulang punggung ekonomi” untuk infrastruktur digital bukan sekadar metafora retorik, tetapi deskripsi yang tepat tentang cara ekonomi kontemporer bekerja. ([The World Bank](#))

Secara global, urgensi pembangunan infrastruktur digital tampak dari dua kenyataan yang berlangsung bersamaan. Di satu sisi, adopsi internet meningkat cepat: ITU memperkirakan sekitar 6 miliar orang atau 74 persen penduduk dunia telah menggunakan internet pada 2025. Di sisi lain, 2,2 miliar orang masih offline, dan kesenjangan spasial tetap mencolok. Pada 2025, 85 persen penduduk perkotaan telah online, sedangkan di wilayah

rural angkanya baru 58 persen. Fakta ini penting karena menunjukkan bahwa digitalisasi tidak otomatis identik dengan inklusi. Akses yang tidak merata akan mereproduksi ketimpangan lama dalam bentuk baru: sebagian wilayah menikmati produktivitas tinggi berbasis data, sementara wilayah lain tertahan oleh keterbatasan konektivitas, perangkat, dan layanan digital yang layak. ([ITU](#))

Dalam konteks Indonesia, gambaran yang sama juga terlihat. APJII melaporkan bahwa jumlah pengguna internet Indonesia pada 2024 mencapai 221.563.479 jiwa, dengan tingkat penetrasi 79,5 persen. Angka tersebut menunjukkan kemajuan besar dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Namun Bank Dunia menggambarkan masih munculnya “dua Indonesia”: kelompok yang belum terhubung sama sekali, dan kelompok yang sudah terhubung tetapi masih constrained oleh kecepatan rendah, akses fixed broadband yang terbatas, serta penggunaan laptop dan komputer yang minim. Pemerintah sendiri pada 2025 menyatakan bahwa sekitar 2.500 desa masih belum terhubung dan menargetkan seluruh desa dapat terhubung pada 2026. Maka, masalah Indonesia bukan lagi sekadar memperluas akses, melainkan meningkatkan kualitas konektivitas agar benar-benar produktif. ([APJII](#))

Di sinilah pentingnya melihat data center, konektivitas, dan ketahanan siber sebagai satu sistem yang saling bergantung. Data center tanpa konektivitas yang merata hanya akan menjadi pulau komputasi. Konektivitas tanpa ketahanan siber hanya akan memperluas permukaan serangan. Keamanan siber tanpa tata kelola data dan kapasitas infrastruktur yang memadai akan terjebak menjadi kepatuhan administratif yang tidak menyentuh inti masalah. Dengan kata lain, infrastruktur digital adalah suatu ekosistem. Nilai ekonominya lahir bukan dari satu komponen tunggal, melainkan dari integrasi antara kapasitas komputasi, transport data, keamanan, regulasi, dan kualitas tata kelola. ([World Bank](#))

Makalah ini berangkat dari pandangan bahwa pembangunan infrastruktur digital harus dipahami dalam kerangka ekonomi politik pembangunan.

Yang dipertaruhkan bukan sekadar modernisasi teknis, melainkan bagaimana negara membangun kapasitas institusional untuk mempercepat produktivitas, mengurangi friksi biaya transaksi, memperbaiki layanan publik, mendukung inovasi bisnis, dan sekaligus menjaga kedaulatan serta kepercayaan. Dalam kerangka itulah pembahasan berikut disusun, mulai dari landasan konseptual, peran strategis data center, makna konektivitas yang bermakna, dimensi ketahanan siber, konteks kebijakan Indonesia, hingga agenda kebijakan ke depan. ([The World Bank](#))

Infrastruktur digital sebagai faktor produksi baru

Dalam ekonomi digital, infrastruktur digital dapat dipahami sebagai faktor produksi baru yang memperkuat fungsi modal, tenaga kerja, dan organisasi. Bank Dunia menunjukkan bahwa digital infrastructure can help achieve economic goals, dan pada kasus Indonesia kenaikan 10 percentage points dalam fixed broadband penetration berkaitan dengan kenaikan GDP per capita sebesar 0,85–1,43 persen. Ringkasan yang sama juga menampilkan korelasi antara broadband yang lebih baik dan peningkatan produktivitas perusahaan sebesar 3–6 persen, peningkatan produktivitas tenaga kerja sebesar 0,2 percentage points dari mobile broadband yang lebih cepat, serta peningkatan perdagangan jasa digital sebesar 1,6 percentage points untuk setiap kenaikan 10 percentage points kapasitas data center. Walaupun angka-angka itu berasal dari berbagai studi rujukan, keseluruhannya mengarah pada satu kesimpulan: infrastruktur digital tidak lagi dapat dipandang sebagai pelengkap, melainkan pengungkit produktivitas ekonomi. ([The World Bank](#))

Konsepsi ini mengubah cara kita memahami pembangunan ekonomi. Dalam model lama, negara berfokus pada pembangunan fisik dan berharap sektor swasta akan bergerak di atasnya. Dalam model digital, infrastruktur digital menghadirkan fungsi yang lebih dalam: ia mengurangi biaya koordinasi, mempercepat arus informasi, meningkatkan visibilitas proses, dan membuka kemungkinan baru bagi pengambilan keputusan berbasis data. Perusahaan yang memiliki akses pada konektivitas baik dan

cloud yang andal dapat menjalankan operasi lintas lokasi dengan lebih efisien. Pemerintah yang memiliki data center terintegrasi dan interoperabilitas sistem dapat mempercepat pelayanan publik, mengurangi duplikasi, dan merancang kebijakan berbasis data. Lembaga pendidikan dan kesehatan yang terhubung secara stabil dapat memperluas jangkauan layanan dan memperbaiki kualitas intervensi. Maka, infrastruktur digital bekerja sebagai “infrastruktur pengganda” yang meningkatkan nilai dari infrastruktur lainnya. ([World Bank](#))

Makna strategis tersebut juga dapat dibaca dari kerangka Digital Public Infrastructure. Dokumen World Bank 2025 menempatkan broadband, devices, data centers, dan cloud sebagai hard infrastructure dan foundational boosters bagi DPI, berdampingan dengan unsur-unsur seperti cybersecurity, data governance and protection, public oversight, accountability, feedback loops, dan digital skills. Ini berarti layanan digital publik yang terlihat di permukaan—identitas digital, pembayaran digital, berbagi data, dan aplikasi lintas sektor—tidak dapat berdiri secara berkelanjutan tanpa fondasi fisik dan kelembagaan yang kuat di bawahnya. Dengan demikian, negara yang abai pada fondasi ini mungkin dapat meluncurkan banyak aplikasi, tetapi tidak akan mampu menciptakan sistem digital yang tahan lama, inklusif, dan aman. ([World Bank](#))

Dalam bahasa manajemen, infrastruktur digital menghasilkan pengurangan friksi. Friksi ekonomi muncul ketika data tersebar, sistem tidak saling bicara, jaringan lambat, proses manual dominan, dan pengamanan lemah. Sebaliknya, infrastruktur digital yang baik mempercepat aliran informasi dari hulu ke hilir, mempersingkat waktu respons, menurunkan biaya pencarian informasi, dan memperbaiki kapasitas koordinasi. Karena itu, investasi pada infrastruktur digital memiliki karakter yang mirip dengan investasi pada jalan tol atau listrik: biaya awalnya besar, tetapi manfaatnya menyebar luas ke seluruh perekonomian. ([The World Bank](#))

Data center sebagai simpul nilai ekonomi

Data center kerap dibayangkan secara sempit sebagai ruang server. Pandangan ini terlalu teknis dan kurang ekonomis. World Bank menjelaskan bahwa data centers form the backbone of cloud and data infrastructure and enable the storage and processing of large data volumes. Artinya, data center adalah prasyarat bagi ekonomi yang semakin bergantung pada pemrosesan data real-time, transaksi digital, analitik, AI, dan integrasi layanan lintas sektor. Bahkan Bank Dunia menegaskan bahwa data telah menjadi input into economic processes as labor, land, etc. Jika data adalah input ekonomi, maka data center adalah salah satu sarana utama yang memungkinkan input tersebut diolah menjadi nilai. ([The World Bank](#))

Nilai ekonomi data center setidaknya muncul melalui lima saluran. Pertama, data center meningkatkan kecepatan dan reliabilitas layanan digital karena data dapat ditempatkan lebih dekat ke pengguna dan proses bisnis. Kedua, data center memungkinkan skalabilitas: perusahaan atau instansi dapat menambah kapasitas komputasi tanpa harus merombak keseluruhan sistem. Ketiga, data center mendukung integrasi data, sehingga silo antarunit atau antarinstansi dapat dikurangi. Keempat, data center memperkuat business continuity melalui mekanisme backup, redundancy, dan disaster recovery. Kelima, data center menyediakan fondasi bagi layanan yang lebih canggih, termasuk AI, machine learning, dan big data analytics. Karena itu, negara yang tertinggal dalam cloud and data infrastructure akan tertinggal pula dalam memanfaatkan ekonomi data. ([The World Bank](#))

Akan tetapi, investasi data center tidak hanya menyangkut gedung dan perangkat. World Bank mengidentifikasi sejumlah enabler utama bagi investasi data center: pasokan listrik yang stabil dan berkelanjutan, kualitas konektivitas digital, stabilitas politik, waktu konstruksi dan perizinan yang efisien, tenaga kerja yang memiliki kualifikasi digital memadai, ruang yang dapat diskalakan, insentif pajak, serta akses lahan yang layak. Laporan yang sama juga menegaskan bahwa core data center services are restricted by

the quality of digital connectivity, dan fiber optics dipandang sebagai pilihan utama karena performa, reliabilitas, dan kapasitasnya. Dengan demikian, pembangunan data center tidak dapat dipisahkan dari kebijakan energi, telekomunikasi, pendidikan SDM, tata ruang, dan regulasi investasi. ([The World Bank](#))

Aspek energi layak mendapat perhatian khusus. World Bank mencatat bahwa konsumsi listrik data center global pada 2022 berada pada kisaran 240–340 TWh, sekitar 1–1,3 persen penggunaan listrik global, sedangkan jaringan transmisi data mengonsumsi tambahan 260–360 TWh. Laporan itu juga menyebut data centers and data transmission networks cause an estimated 1 percent of energy-related greenhouse gas emissions. Artinya, ekspansi data center membawa konsekuensi strategis: negara harus menjamin pasokan listrik andal, tetapi juga perlu mengelola efisiensi energi, pendinginan, dan dampak lingkungan. Maka, strategi data center yang cerdas bukan hanya yang memperbesar kapasitas, melainkan yang menyeimbangkan kebutuhan ekonomi digital dengan keberlanjutan. ([The World Bank](#))

Dalam konteks Indonesia, kebutuhan konsolidasi data center tampak jelas dari kondisi historis yang terfragmentasi. Materi resmi Kominfo 2022 menyebut sekitar 2.700 pusat data atau ruang server tersebar di 630 instansi pemerintah pusat dan daerah, namun hanya sekitar 3 persen yang memenuhi standar keamanan internasional. Kondisi semacam itu berarti pemerintah memiliki banyak “pulau data” dengan mutu, keamanan, dan tata kelola yang tidak seragam. Dari sudut pandang manajemen publik, fragmentasi seperti ini menimbulkan biaya tinggi, duplikasi, kesulitan integrasi, dan potensi kerentanan yang berulang. Maka, pembangunan Pusat Data Nasional tidak dapat dibaca hanya sebagai proyek teknologi, tetapi juga sebagai agenda reformasi kelembagaan. ([JDIH Kemkomdigi](#))

PDN Cikarang menggambarkan skala strategis tersebut. Menurut keterangan resmi Komdigi, fasilitas ini dirancang seluas 15.994,69 meter persegi, mematuhi standar SNI 8799-1:2019 strata 4, Uptime Tier IV, dan

ANSI/TIA 942-B:2017 Rated 4, dengan kapasitas minimal 25.000 core processor, 200 TB memori, 40 petabyte penyimpanan, serta pasokan listrik 20 MVA dari dua sumber berbeda. Desain seperti itu menunjukkan bahwa pusat data modern adalah infrastruktur kritis nasional, bukan sekadar fasilitas pendukung administratif. Di atas arsitektur seperti inilah layanan pemerintah, pertukaran data, integrasi aplikasi, dan analitik nasional dapat dibangun secara lebih terstandardisasi. ([Inspektorat Jenderal Komdigi](#))

Namun, pengalaman empiris juga menunjukkan bahwa konsolidasi tanpa desain ketahanan dapat menghasilkan risiko konsentrasi. Laporan Kinerja Kementerian Komdigi 2024 menunjukkan bahwa layanan PDNS telah dimanfaatkan oleh 385 kementerian, lembaga, dan pemerintah daerah, dengan total penggunaan 87.017 vCPU, 211.111 GB memori, dan 14.489.284 GB storage. Pada saat yang sama, laporan itu mencatat bahwa pada 2024 layanan PDNS di Surabaya mengalami gangguan serius akibat serangan ransomware, yang mengganggu sejumlah layanan publik termasuk layanan imigrasi. Dari sini muncul pelajaran penting: semakin tinggi tingkat integrasi sistem, semakin besar pula kebutuhan akan arsitektur keamanan, backup, segmentasi risiko, dan kemampuan pemulihan yang matang.

Konektivitas sebagai jembatan produktivitas dan pemerataan

Jika data center adalah simpul komputasi, maka konektivitas adalah saraf penghubung ekonomi digital. Layanan publik digital, pembelajaran daring, telemedicine, e-commerce, perbankan digital, koordinasi rantai pasok, dan kerja jarak jauh seluruhnya bergantung pada kualitas koneksi. Karena itu, konektivitas tidak boleh dipahami sebatas ada atau tidak adanya sinyal. Yang lebih relevan adalah apakah koneksi itu cukup cepat, stabil, terjangkau, dan mampu mendukung aktivitas produktif. Bank Dunia melalui Indonesia Economic Prospects 2025 secara tajam menggambarkan kemunculan "2 Indonesias": the unconnected dan the connected yet constrained. Kelompok kedua ini penting, karena secara formal mereka sudah online, tetapi tetap dibatasi oleh low internet speeds, limited fixed

Rudy C Tarumíngkeng: Infrastruktur digital sebagai tulang punggung ekonomi: data center, konektivitas, dan ketahanan siber

broadband access, dan limited use of laptops & computers. Dengan kata lain, konektivitas yang dangkal tidak otomatis menghasilkan produktivitas digital yang tinggi. ([The World Bank](#))

Poin tersebut memperlihatkan mengapa pembangunan konektivitas harus melampaui logika coverage. Secara statistik, Indonesia telah membuat kemajuan besar. APJII mencatat 221,56 juta pengguna internet dan tingkat penetrasi 79,5 persen pada 2024. Namun, bila akses tersebut tidak disertai kualitas layanan yang memadai, maka manfaat ekonominya akan timpang. Bank Dunia pada slide regional comparison menunjukkan Indonesia masih berada di bawah rata-rata kawasan dalam fixed broadband penetration rumah tangga, dan median download speed fixed broadband Indonesia juga belum setara dengan negara-negara ASEAN yang lebih maju secara digital. Dalam perspektif kebijakan, ini berarti agenda berikutnya bukan hanya memperluas akses, tetapi memperdalam kualitas akses. ([APJII](#))

Dalam negara kepulauan seperti Indonesia, konektivitas memiliki dimensi geografis yang sangat penting. Jaringan fiber optic ideal untuk kapasitas besar dan reliabilitas tinggi, tetapi secara ekonomi dan geografis tidak selalu mudah dibangun sampai ke pulau-pulau kecil, daerah pegunungan, dan wilayah 3T. Karena itu, pendekatan konektivitas nasional perlu bersifat hibrida: backbone fiber, akses seluler, dan satelit bekerja saling melengkapi. Di titik inilah proyek SATRIA memperoleh makna strategis. BAKTI menjelaskan bahwa SATRIA dirancang dengan kapasitas 150 Gbps dan 11 stasiun bumi atau gateway, serta menargetkan sekitar 150.000 titik layanan publik yang mencakup sarana pendidikan, fasilitas kesehatan, kantor pemerintahan, layanan keamanan, dan titik layanan publik lain, sebagai pelengkap Palapa Ring. ([Bakti Komdigi](#))

Namun, evaluasi kinerja menunjukkan bahwa relevansi proyek satelit tidak cukup diukur dari target desain awal. Laporan Kinerja Kementerian Komdigi 2024 mencatat bahwa kapasitas SATRIA-1 sebesar 150 Gbps telah tersedia dan tersebar pada 11 stasiun bumi. Hingga akhir 2024, user terminal yang terkoneksi berjumlah 26.440 titik lokasi, masing-masing dengan kapasitas 4

Mbps. Pemanfaatan kapasitas telah mencapai 105,76 Gbps atau 70,5 persen dari total kapasitas 150 Gbps, dengan distribusi utama pada pendidikan 18.591 titik, kesehatan 1.320 titik, kantor pemerintahan 5.001 titik, dan pertahanan-keamanan 431 titik. Fakta ini menunjukkan bahwa infrastruktur satelit tidak berhenti pada tahap penyediaan, melainkan harus dinilai dari pemanfaatan aktual, distribusi sektoral, dan kontribusinya terhadap layanan publik di lapangan.

Dalam pengertian sosial-ekonomi, konektivitas mengubah struktur kesempatan. Sebuah sekolah di wilayah terpencil yang sebelumnya hanya bergantung pada buku cetak terbatas kini dapat mengakses konten belajar digital, pelatihan guru, dan ujian berbasis komputer. Puskesmas yang semula terhambat pelaporan manual kini dapat terhubung dengan database kesehatan, layanan rujukan, dan konsultasi jarak jauh. Kantor desa yang tadinya berjalan dengan dokumen kertas dapat mendukung SPBE secara lebih efisien. Dalam kasus-kasus seperti ini, internet bukan lagi sekadar layanan komunikasi, melainkan infrastruktur produktivitas dan pelayanan. Inilah yang membedakan konektivitas konsumtif dari konektivitas yang bernilai tambah. ([Bakti Komdigi](#))

Konektivitas juga berimplikasi langsung pada perkembangan UMKM. Pelaku usaha kecil yang memperoleh akses internet berkualitas dapat melakukan pemasaran digital, menggunakan pembayaran elektronik, mengelola stok, mengikuti perubahan harga secara cepat, dan menjangkau pasar di luar wilayahnya. Sebaliknya, UMKM yang berada di area dengan kualitas jaringan buruk akan menghadapi biaya komunikasi lebih tinggi, informasi pasar lebih lambat, dan hambatan masuk ke ekosistem digital. Karena itu, konektivitas berfungsi sebagai jembatan antara pembangunan wilayah dan transformasi ekonomi. Ia mengurangi penalti geografis yang selama ini membatasi desa, kawasan pinggiran, dan wilayah terpencil. ([World Bank](#))

Ketahanan siber sebagai fondasi kepercayaan

Ekonomi digital bergantung pada kepercayaan. Konsumen mau bertransaksi karena percaya sistem pembayaran akan bekerja. Warga mau menggunakan layanan digital pemerintah karena percaya datanya tidak mudah bocor dan layanan tetap tersedia. Perusahaan mau memindahkan proses bisnis ke platform digital karena percaya operasinya tidak akan lumpuh oleh serangan siber. Karena itu, ketahanan siber harus dipahami sebagai fondasi kepercayaan, bukan sekadar isu teknis. Dalam kerangka World Bank tentang digital foundations dan DPI, cybersecurity ditempatkan sebagai unsur fondasional bersama data protection, public oversight, dan accountability. Ini berarti keamanan bukan lapisan tambahan setelah sistem dibangun, tetapi harus ditanamkan sejak tahap desain. ([The World Bank](#))

Secara konseptual, ketahanan siber lebih luas daripada keamanan siber dalam arti sempit. Keamanan dapat dipahami sebagai upaya mencegah pelanggaran, sementara ketahanan menyangkut kapasitas untuk mencegah, mendeteksi, merespons, memulihkan, dan belajar dari insiden. Peraturan BSSN Nomor 5 Tahun 2024 mendefinisikan keamanan siber sebagai upaya adaptif dan inovatif untuk melindungi seluruh lapisan ruang siber, termasuk aset informasi yang ada di dalamnya, dari ancaman dan serangan siber, baik yang bersifat teknis maupun sosial. Peraturan yang sama menetapkan Rencana Aksi Nasional Keamanan Siber 2024–2028, dan menjelaskan bahwa RAN Kamsiber memuat arah kebijakan, tantangan, sasaran strategis, kegiatan, indikator keberhasilan, target dan tahun capaian, penanggung jawab, serta instansi terkait. Dengan demikian, Indonesia telah memiliki kerangka strategis yang menempatkan keamanan siber sebagai agenda lintas pemangku kepentingan, bukan sekadar urusan satu instansi teknis.

Kerangka hukum Indonesia juga semakin menguat. UU Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi mengatur hak subjek data, pemrosesan data pribadi, serta kewajiban pengendali dan prosesor data; dalam penelusuran naskah peraturan, Pasal 35 menegaskan bahwa pengendali data pribadi wajib melindungi dan memastikan keamanan data

pribadi yang diprosesnya. Sementara itu, PP Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik menegaskan bahwa penyelenggaraan transaksi elektronik oleh Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Publik harus memperhatikan aspek keamanan, keandalan, dan tanggung jawab. Kedua perangkat hukum ini menunjukkan bahwa keamanan data dan keandalan sistem telah menjadi kewajiban legal, bukan pilihan kebijakan yang bersifat sukarela. ([Peraturan BPK](#))

Signifikansi ketahanan siber di Indonesia menjadi sangat nyata melalui insiden PDNS pada 2024. Keterangan resmi pemerintah menyebut bahwa pemerintah telah mengevaluasi peretasan terhadap PDN/PDNS dan Presiden menegaskan bahwa seluruh data nasional harus direkam cadang. Dalam keterangan yang sama, Menko Polhukam menekankan bahwa backup adalah kewajiban yang mandatori, tidak opsional lagi, dan bila operasional PDNS terganggu harus tersedia cadangan pada DRC atau cold site. Pemerintah juga menyatakan akan menata penempatan data dan cadangannya secara berlapis sesuai klasifikasi data, termasuk kemungkinan data yang bersifat umum atau terbuka disimpan di cloud. Kebijakan ini menunjukkan terjadinya pergeseran penting: dari asumsi bahwa satu sistem terpusat cukup aman, menuju pemahaman bahwa ketahanan memerlukan distribusi risiko dan rekam cadang yang benar-benar dapat dipulihkan. ([Sekretariat Kabinet Republik Indonesia](#))

Laporan Kinerja Komdigi 2024 memperkuat gambaran tersebut. Dokumen itu menyatakan bahwa gangguan serius akibat ransomware pada PDNS Surabaya mengganggu sejumlah layanan publik, termasuk imigrasi, dan salah satu langkah pemulihannya adalah proses pemulihan melalui backup server serta kebijakan kewajiban bagi kementerian, lembaga, dan daerah untuk melakukan backup atas data yang ada di PDNS. Dari sudut pandang manajemen risiko, kasus ini mengajarkan bahwa efisiensi melalui sentralisasi harus selalu diseimbangkan dengan prinsip resilience by design: segmentasi sistem, backup yang diuji, drill pemulihan, dan tata

kelola peran yang jelas antar-tenant. Tanpa itu, pusat data nasional berpotensi menjadi single point of failure.

Ketahanan siber juga menyangkut manusia dan tata kelola. Banyak insiden besar bukan muncul karena negara sama sekali tidak memiliki teknologi, melainkan karena hak akses tidak terkendali, backup tidak diverifikasi, patch tertunda, integrasi dilakukan tanpa kontrol yang memadai, atau koordinasi antarlembaga lemah. Karena itu, keamanan siber harus dibaca sebagai isu kepemimpinan dan tata kelola institusi. Pimpinan organisasi perlu memahami bahwa investasi pada keamanan siber bukan pengeluaran defensif semata, tetapi perlindungan terhadap kontinuitas operasi, reputasi, kepercayaan pengguna, dan stabilitas ekonomi digital yang lebih luas.

Arsitektur kebijakan Indonesia: SPBE, PDN, dan transformasi kelembagaan

Infrastruktur digital Indonesia tidak berkembang dalam ruang hampa; ia ditopang oleh kerangka kebijakan yang makin terstruktur. Perpres Nomor 95 Tahun 2018 menetapkan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik sebagai kerangka penyelenggaraan pemerintahan digital. Perpres Nomor 132 Tahun 2022 kemudian mengatur Arsitektur SPBE Nasional, yang memuat arah kebijakan dan strategi, proses bisnis, data dan informasi, infrastruktur SPBE, aplikasi SPBE, keamanan SPBE, dan layanan SPBE. Secara substantif, dua aturan ini menandai pergeseran dari digitalisasi administratif yang sporadis menuju tata kelola digital pemerintah yang lebih terintegrasi. ([Peraturan BPK](#))

Dalam kerangka SPBE itulah Pusat Data Nasional menjadi shared infrastructure yang sangat penting. Materi resmi Komdigi dan laporan kinerja 2024 menggambarkan PDN sebagai penopang transformasi digital pemerintahan, sekaligus sarana untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, integrasi data, dan kualitas pelayanan publik. Bila dibaca secara kelembagaan, PDN bukan sekadar tempat menyimpan server pemerintah, melainkan perangkat untuk mereduksi silo antarinstansi dan menormalisasi

standar keamanan serta kualitas layanan. Konsolidasi ini juga relevan dengan prinsip efisiensi fiskal, karena belanja TIK pemerintah tidak lagi sepenuhnya terpecah ke ribuan ruang server dan solusi yang tidak saling terhubung. ([Inspektorat Jenderal Komdigi](#))

Namun, arsitektur kebijakan yang baik harus dibarengi oleh arsitektur teknis yang tangguh. Pengalaman 2024 membuktikan bahwa pembangunan sistem terpusat tanpa pengelolaan backup dan pemulihan yang disiplin akan menimbulkan kerentanan baru. Oleh sebab itu, arah kebijakan terbaru pemerintah yang menekankan “Terhubung, Tumbuh, Terjaga” menarik untuk dicermati. Dalam deklarasi Komdigi 2025–2029, tiga arah strategis ini dirumuskan sebagai pemerataan konektivitas nasional, penguatan ekosistem digital yang produktif, dan penjagaan keamanan ruang digital serta data masyarakat. Formulasi ini menandakan bahwa negara mulai melihat infrastruktur digital bukan hanya dari sisi penyediaan, tetapi juga dari sisi nilai ekonomi dan pengamanan ruang digital. ([BPSDM Komunikasi dan Digital](#))

Maka, perkembangan kebijakan Indonesia dapat dibaca dalam dua fase. Fase pertama berorientasi pada pembangunan fondasi: jaringan backbone, satelit, ruang data, dan aplikasi digital pemerintahan. Fase kedua, yang kini sedang dijalani, menuntut orkestrasi yang lebih dewasa: integrasi data, interoperabilitas, quality of service, keamanan, efisiensi, dan ketahanan. Pada fase kedua ini, tantangan utama tidak lagi hanya teknis, tetapi juga organisasional dan politik: bagaimana kementerian, lembaga, daerah, BUMN, dan mitra swasta bergerak dalam arsitektur yang sama tanpa kehilangan akuntabilitas. ([Peraturan BPK](#))

Infrastruktur digital dan transformasi sektor ekonomi

Nilai strategis infrastruktur digital paling mudah dipahami jika diturunkan ke level sektoral. Di sektor manufaktur, data center, cloud, dan konektivitas memungkinkan integrasi sensor produksi, predictive maintenance, quality monitoring, dan dashboard operasi real-time. Ketika data dari mesin, gudang, pemasok, dan distribusi dapat diolah dengan cepat dan aman,

perusahaan memperoleh visibilitas yang lebih baik atas prosesnya. Hasilnya adalah pengurangan downtime, efisiensi inventori, dan perencanaan yang lebih presisi. Klaim bahwa infrastruktur digital meningkatkan produktivitas perusahaan sejalan dengan temuan Bank Dunia bahwa broadband yang lebih baik berkorelasi dengan higher firm productivity. ([The World Bank](#))

Di sektor jasa keuangan, peran infrastruktur digital bahkan lebih kasat mata. Pembayaran digital, mobile banking, scoring, deteksi fraud, dan identitas digital bergantung pada kemampuan sistem untuk mengelola data dalam volume besar secara cepat dan aman. Dalam konteks ini, data center menyediakan kapasitas komputasi, konektivitas memastikan pengalaman pengguna tetap lancar, dan ketahanan siber menjaga integritas transaksi. Tanpa fondasi tersebut, kecepatan inovasi finansial justru dapat berubah menjadi sumber risiko sistemik. Karena itu, infrastruktur digital harus dianggap sebagai bagian dari stabilitas sistem keuangan digital, bukan hanya sebagai isu teknis industri TIK. ([World Bank](#))

Di sektor pendidikan dan kesehatan, dampak sosial-ekonominya sangat besar. SATRIA secara eksplisit ditujukan untuk sekolah, pesantren, puskesmas, rumah sakit, kantor pemerintahan, dan layanan keamanan di wilayah 3T. Ini berarti negara mengakui bahwa kesenjangan akses digital pada sektor-sektor dasar akan memperluas ketimpangan kualitas SDM dan layanan sosial. Ketika sekolah tidak terhubung, siswa kehilangan akses ke sumber belajar. Ketika puskesmas tidak terhubung, pelaporan, rujukan, dan manajemen data kesehatan menjadi lambat. Maka, infrastruktur digital berfungsi sebagai infrastruktur pelayanan dasar yang baru. ([Bakti Komdigi](#))

Bagi UMKM, infrastruktur digital memberikan fungsi yang hampir emansipatoris. Dengan akses internet yang baik, usaha kecil dapat memakai alat yang dahulu hanya tersedia bagi perusahaan besar: marketplace, payment gateway, sistem akuntansi digital, iklan berbasis target, cloud storage, sampai analitik pelanggan. Artinya, infrastruktur digital mendemokratisasi akses terhadap kemampuan manajerial modern. Namun, hal ini hanya terjadi bila konektivitas cukup andal dan biaya akses

tidak terlalu tinggi. Di sinilah agenda pemerataan digital harus dilihat sebagai bagian dari strategi pemberdayaan ekonomi rakyat. ([BPSDM Komunikasi dan Digital](#))

Tantangan strategis Indonesia

Walaupun arah pembangunan sudah relatif jelas, Indonesia masih menghadapi tantangan strategis yang tidak ringan. Tantangan pertama adalah kualitas konektivitas. Penetrasi pengguna internet yang tinggi belum otomatis berarti kualitas akses yang memadai untuk aktivitas bernilai tambah tinggi. Bank Dunia menunjukkan bahwa Indonesia masih menghadapi kendala fixed broadband, kecepatan, dan keterbatasan perangkat. Dalam jangka panjang, tanpa peningkatan kualitas konektivitas, ekonomi digital Indonesia dapat tumbuh secara luas tetapi dangkal: banyak pengguna, namun produktivitas per pengguna dan nilai tambah per koneksi tetap rendah. ([The World Bank](#))

Tantangan kedua adalah fragmentasi dan kompleksitas koordinasi. Kebijakan nasional dapat dirumuskan dengan baik, tetapi implementasinya kerap berhadapan dengan banyak aktor, banyak sistem lama, dan banyak kepentingan kelembagaan. Sejarah ribuan ruang server pemerintah menunjukkan bahwa persoalan digital sering bukan tidak adanya teknologi, melainkan terlalu banyak teknologi yang tumbuh tanpa arsitektur bersama. Karena itu, reformasi digital perlu dibaca sebagai reformasi organisasi. ([JDIH Kemkomdigi](#))

Tantangan ketiga adalah energi dan keberlanjutan. Data center memerlukan pasokan listrik yang stabil dan besar; World Bank menempatkan reliable and renewable energy sebagai key enabler investasi data center. Ini berarti strategi pusat data Indonesia tidak dapat dipisahkan dari strategi kelistrikan dan transisi energi. Negara yang ingin menjadi hub data atau bahkan hanya ingin menopang ekonomi digital domestik secara kuat harus mampu menjamin pasokan listrik yang andal sekaligus menjaga efisiensi energi dan keberlanjutan operasional. ([The World Bank](#))

Tantangan keempat adalah talenta. Laporan World Bank menyebut *qualified talent with adequate digital skills is key to maintaining and expanding data centers*. Tantangan Indonesia bukan hanya mencetak programmer, melainkan administrator pusat data, arsitek cloud, analis risiko siber, manajer kepatuhan, auditor keamanan, dan pemimpin organisasi yang mampu memahami logika transformasi digital. Tanpa talenta seperti ini, infrastruktur yang mahal berpotensi underutilized, salah kelola, atau justru menjadi sumber risiko baru. ([The World Bank](#))

Tantangan kelima adalah keamanan dan konsentrasi risiko. Semakin terintegrasi layanan digital nasional, semakin besar pula efek domino bila satu titik kritis terganggu. Insiden PDNS 2024 telah menunjukkan hal itu secara nyata. Karena itu, konsolidasi harus selalu dikombinasikan dengan distribusi risiko, backup berlapis, pengujian pemulihan berkala, segmentasi data, dan tata kelola yang jelas mengenai peran masing-masing instansi pengguna. Dalam hal ini, keamanan tidak boleh diletakkan di belakang efisiensi; keduanya harus dirancang bersama sejak awal.

Agenda kebijakan ke depan

Pertama, Indonesia perlu menempatkan infrastruktur digital sebagai kebijakan ekonomi inti. Artinya, ia harus masuk ke jantung strategi pertumbuhan, produktivitas, hilirisasi, pendidikan, kesehatan, UMKM, dan reformasi birokrasi. Bila infrastruktur digital hanya dipandang sebagai urusan sektoral kementerian teknis, maka manfaat lintas sektornya akan tereduksi. Sebaliknya, bila ia dipandang sebagai prasyarat produktivitas nasional, maka kualitas investasi, tata kelola, dan indikator keberhasilannya akan dirumuskan secara lebih serius. ([The World Bank](#))

Kedua, agenda konektivitas harus bergerak dari sekadar coverage menuju *meaningful connectivity*. Pemerintah memang perlu menuntaskan desa-desa yang belum terhubung, tetapi setelah itu fokus harus bergeser pada kualitas: kecepatan, stabilitas, keterjangkauan, dan kecocokan untuk penggunaan produktif. Dalam konteks ini, target nasional sebaiknya tidak hanya menghitung jumlah desa atau BTS, tetapi juga household fixed

broadband penetration, median speed, affordability, serta tingkat pemanfaatan produktif di sektor pendidikan, kesehatan, dan UMKM. Ini merupakan inferensi kebijakan yang konsisten dengan temuan ITU tentang kesenjangan urban-rural dan dengan paparan Bank Dunia tentang “connected yet constrained.” ([BPSDM Komunikasi dan Digital](#))

Ketiga, strategi data center nasional perlu dikaitkan secara eksplisit dengan energi, regulasi investasi, pengembangan talenta, dan klasifikasi data. Indonesia memerlukan pusat data yang andal, tetapi tidak semua data harus dikelola dengan pola yang sama. Data strategis, data terbatas, dan data terbuka memerlukan pengaturan risiko yang berbeda. Pernyataan pemerintah pascainsiden PDNS tentang penempatan data secara berlapis dan penyimpanan data umum pada cloud memberi petunjuk ke arah tersebut. Pendekatan seperti ini lebih realistis daripada membayangkan satu solusi seragam untuk seluruh kategori data. ([Sekretariat Kabinet Republik Indonesia](#))

Keempat, ketahanan siber harus diarusutamakan ke dalam indikator kinerja kelembagaan. RAN Keamanan Siber 2024–2028 telah memberi kerangka arah kebijakan, sasaran strategis, indikator keberhasilan, target, penanggung jawab, dan instansi terkait. Tantangan berikutnya adalah menerjemahkan kerangka itu ke dalam KPI operasional: waktu deteksi insiden, waktu pemulihan, cakupan backup tervalidasi, kepatuhan patching, latihan simulasi, dan tingkat maturitas keamanan. Tanpa indikator seperti ini, keamanan siber akan mudah berhenti pada level slogan.

Kelima, pembangunan infrastruktur digital harus dibarengi penguatan kapasitas institusional dan budaya organisasi. Teknologi dapat dibeli, tetapi disiplin backup, kesadaran risiko, tata kelola akses, koordinasi insiden, dan budaya audit tidak lahir secara otomatis. Dalam banyak kasus, kegagalan sistem digital justru terjadi karena organisasi belum berubah secepat teknologinya. Karena itu, agenda transformasi digital Indonesia pada dasarnya adalah agenda perubahan organisasi nasional.

Penutup

Rudy C Tarumíngkeng: Infrastruktur digital sebagai tulang punggung ekonomi: data center, konektivitas, dan ketahanan siber

Infrastruktur digital telah menjadi salah satu fondasi paling menentukan bagi ekonomi modern. Data center memungkinkan ekonomi berbasis data beroperasi; konektivitas menjembatani wilayah, pasar, dan warga; sementara ketahanan siber menjaga kepercayaan dan kesinambungan sistem. Ketiga unsur ini tidak dapat dipisahkan. Data center tanpa jaringan hanya menyimpan potensi. Jaringan tanpa keamanan memperluas risiko. Keamanan tanpa tata kelola dan kapasitas infrastruktur yang memadai hanya akan menjadi lapisan formalitas. Karena itu, memahami infrastruktur digital sebagai “tulang punggung ekonomi” berarti memahami bahwa pertumbuhan ekonomi masa depan tidak hanya dibentuk oleh modal finansial dan fisik, tetapi juga oleh kualitas fondasi digital nasional. ([The World Bank](#))

Indonesia telah menempuh langkah penting: penetrasi internet meningkat, proyek SATRIA berjalan, SPBE dan arsitekturnya telah diatur, PDN dibangun, kerangka perlindungan data diperkuat, dan RAN Keamanan Siber telah ditetapkan. Akan tetapi, tantangan fase berikutnya justru lebih kompleks: memastikan kualitas akses, mengurangi fragmentasi, memperkuat ketahanan, mengelola risiko konsentrasi, dan membangun kapasitas manusia serta institusi. Maka, masa depan ekonomi digital Indonesia akan sangat ditentukan oleh kemampuan negara dan masyarakat untuk mengubah infrastruktur digital dari sekadar proyek teknologi menjadi sistem ekonomi yang terhubung, tumbuh, dan terjaga. ([APJII](#))

Glosarium

Broadband: jaringan internet berkapasitas tinggi yang dirancang untuk menyediakan akses cepat dan relatif stabil bagi rumah tangga, bisnis, dan layanan publik. ([The World Bank](#))

Cloud computing: model layanan komputasi yang menyediakan sumber daya seperti server, penyimpanan, aplikasi, dan analitik melalui jaringan, sehingga pengguna tidak harus memiliki seluruh infrastruktur secara lokal. ([The World Bank](#))

Data center: fasilitas yang memungkinkan penyimpanan dan pemrosesan data dalam volume besar, serta membentuk backbone bagi cloud and data infrastructure. ([The World Bank](#))

Digital Public Infrastructure (DPI): fondasi digital publik berupa building blocks yang dapat digunakan ulang lintas sektor untuk melayani kepentingan publik, seperti identitas digital, pembayaran, dan data sharing. ([World Bank](#))

Disaster Recovery Center (DRC): fasilitas atau mekanisme cadangan untuk memulihkan layanan ketika pusat utama mengalami gangguan atau insiden besar. ([Sekretariat Kabinet Republik Indonesia](#))

Fixed broadband: layanan broadband tetap, umumnya berbasis fiber, kabel, atau teknologi tetap lainnya, yang melayani rumah atau lokasi usaha. ([The World Bank](#))

Ketahanan siber: kapasitas sistem dan organisasi untuk mencegah, mendeteksi, merespons, dan memulihkan diri dari ancaman atau insiden siber.

PDN: Pusat Data Nasional, yaitu infrastruktur pusat data pemerintah yang dikembangkan untuk meningkatkan integrasi, efisiensi, dan keandalan layanan digital pemerintahan. ([Inspektorat Jenderal Komdigi](#))

PDNS: Pusat Data Nasional Sementara, layanan transisi yang digunakan pemerintah sebelum ekosistem PDN penuh berjalan.

Pelindungan Data Pribadi: keseluruhan upaya hukum, teknis, dan organisasional untuk melindungi data pribadi serta menjamin kewajiban pengendali data dalam pemrosesan yang aman. ([Peraturan BPK](#))

Rudy C Tarumíngkeng: Infrastruktur digital sebagai tulang punggung ekonomi: data center, konektivitas, dan ketahanan siber

SATRIA-1: satelit multifungsi pemerintah Indonesia berkapasitas 150 Gbps yang ditujukan untuk mendukung konektivitas layanan publik, terutama di wilayah yang sulit dijangkau jaringan terestrial. ([Bakti Komdigi](#))

SPBE: Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik, yakni kerangka penyelenggaraan pemerintahan digital Indonesia. ([Peraturan BPK](#))

Uptime Tier IV: salah satu standar tertinggi untuk keandalan pusat data, yang menekankan redundansi dan kesinambungan operasional. ([Inspektorat Jenderal Komdigi](#))

Daftar pustaka (APA 7)

Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2024, February 7). *APJII jumlah pengguna internet Indonesia tembus 221 juta orang*. ([APJII](#))

Badan Aksesibilitas Telekomunikasi dan Informasi. (n.d.). *Layanan SATRIA*. ([Bakti Komdigi](#))

Badan Siber dan Sandi Negara. (2024). *Peraturan Badan Siber dan Sandi Negara Nomor 5 Tahun 2024 tentang Rencana Aksi Nasional Keamanan Siber Tahun 2024–2028*.

Clark, J., Marin, G., Ardic Alper, O. P., & Galicia Rabadan, G. A. (2025). *Digital public infrastructure and development: A World Bank Group approach*. World Bank. ([World Bank](#))

International Telecommunication Union. (2025). *Internet use*. ([ITU](#))

International Telecommunication Union. (2025). *Internet use in urban and rural areas*. ([ITU](#))

Kementerian Komunikasi dan Digital. (2024). *Laporan Kinerja Kementerian Komdigi 2024*.

Rudy C Tarumingkeng: Infrastruktur digital sebagai tulang punggung ekonomi: data center, konektivitas, dan ketahanan siber

Kementerian Komunikasi dan Digital. (2024, January 17). *Pusat Data Nasional di Cikarang: Pilar transformasi digital Indonesia dengan standar internasional*. ([Inspektorat Jenderal Komdigi](#))

Kementerian Komunikasi dan Digital. (2025, December 10). *Deklarasi arah Indonesia digital: Terhubung, tumbuh, terjaga untuk 2025–2029*. ([BPSDM Komunikasi dan Digital](#))

Pemerintah Indonesia. (2018). *Peraturan Presiden Nomor 95 Tahun 2018 tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik*. ([Peraturan BPK](#))

Pemerintah Indonesia. (2019). *Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik*. ([Peraturan BPK](#))

Pemerintah Indonesia. (2022). *Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi*. ([Peraturan BPK](#))

Pemerintah Indonesia. (2022). *Peraturan Presiden Nomor 132 Tahun 2022 tentang Arsitektur Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik Nasional*. ([Peraturan BPK](#))

Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. (2024, July 3). *Presiden Jokowi: Semua data nasional harus direkam cadang*. ([Sekretariat Kabinet Republik Indonesia](#))

World Bank. (2024). *Advancing cloud and data infrastructure markets: Strategic directions for low- and middle-income countries*. ([World Bank](#))

World Bank. (2025). *Indonesia economic prospects: Digital foundations for growth*. ([The World Bank](#))

Copilot for this article: ChatGPT 5.4. Thinking (2026). Access date: 28 March 2026. Author's account ([Rudy C Tarumingkeng](#))

<https://chatgpt.com/c/69c77db6-35f0-839f-8c99-2308391889bb>