

# **Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Ekosistem Edukasi Blockchain di Indonesia: Peluang, Tantangan, dan Arah Kebijakan**

## **I. Pendahuluan**

### **A. Latar Belakang: Pentingnya Teknologi Blockchain dalam Transformasi Digital Indonesia**

Teknologi blockchain telah muncul sebagai pilar fundamental dalam lanskap transformasi digital global, menawarkan kapabilitas unik yang dapat merevolusi berbagai sektor. Sebagai sistem penyimpanan data digital yang mencakup multi-server, blockchain menghadirkan keunggulan mendasar dalam perlindungan data, transparansi operasional, dan efisiensi proses bisnis. Kemampuannya untuk melacak aset secara terverifikasi dalam jaringan bisnis menjadikannya tulang punggung yang aman dan akuntabel bagi ekonomi digital modern.<sup>1</sup>

Potensi implementasi blockchain di Indonesia sangat substansial. Teknologi ini tidak hanya relevan untuk sektor-sektor yang sudah mapan seperti keuangan syariah, tetapi juga berpotensi besar untuk merevolusi model ekonomi dan bisnis secara luas, mendorong peningkatan produktivitas di berbagai industri.<sup>2</sup> Pengakuan resmi pemerintah Indonesia terhadap teknologi blockchain sebagai komponen integral dari ekosistem ekonomi digital nasional merupakan langkah maju yang krusial. Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 28 Tahun 2025 menandai pengakuan penuh negara terhadap teknologi terdesentralisasi ini, memberikan landasan hukum yang jelas untuk pengembangannya di masa depan.<sup>3</sup> Penempatan blockchain secara eksplisit sejajar dengan teknologi strategis lainnya seperti kecerdasan buatan (AI), identitas digital, dan sertifikat elektronik dalam PP 28/2025 menunjukkan visi pemerintah untuk

mengintegrasikan teknologi mutakhir ini dalam tata kelola digital nasional.<sup>3</sup>

## **B. Tujuan Laporan**

Laporan ini disusun dengan beberapa tujuan utama. Pertama, untuk menganalisis kondisi terkini sumber daya manusia (SDM) dan inisiatif edukasi terkait teknologi blockchain di Indonesia, mencakup aspek pasokan, permintaan, dan kesenjangan keterampilan yang ada. Kedua, untuk mengidentifikasi peluang strategis yang dapat dimanfaatkan dari adopsi blockchain, serta tantangan regulasi dan operasional yang perlu diatasi dalam pengembangan ekosistem blockchain nasional. Terakhir, laporan ini bertujuan untuk merumuskan rekomendasi strategis yang terarah bagi pemangku kepentingan utama—pemerintah, akademisi, dan industri—guna mendukung pertumbuhan talenta dan adopsi teknologi blockchain yang berkelanjutan dan bertanggung jawab di Indonesia.

## **II. Kerangka Regulasi Blockchain di Indonesia**

### **A. Pengakuan Resmi dan Klasifikasi: Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2025 dan Implikasinya**

Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 28 Tahun 2025 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko telah resmi ditetapkan sebagai payung hukum yang memberikan landasan bagi pengembangan teknologi blockchain di Indonesia.<sup>3</sup> Ini merupakan langkah fundamental yang menghadirkan kejelasan legalitas yang sangat dibutuhkan oleh ekosistem. Regulasi ini secara signifikan memberikan kepastian hukum bagi pelaku usaha untuk memulai dan mengembangkan solusi berbasis blockchain, sebuah kondisi yang sebelumnya seringkali diwarnai ketidakpastian dan menghambat laju inovasi.<sup>3</sup>

PP 28/2025 memperkenalkan diferensiasi penting dalam perizinan. Untuk aktivitas

blockchain non-keuangan, seperti pengembangan *smart contract*, aplikasi Web3, Non-Fungible Token (NFT) non-keuangan, dan aplikasi *Decentralized Finance* (DeFi) di luar sistem keuangan tradisional, pelaku usaha kini hanya diwajibkan untuk memiliki Nomor Induk Berusaha (NIB) dan Sertifikat Standar.<sup>3</sup> Penyederhanaan proses perizinan ini diharapkan dapat mengurangi hambatan masuk secara drastis bagi sebagian besar aplikasi blockchain.

Namun, regulasi ini juga membuat garis pemisah yang jelas. Aktivitas blockchain yang secara langsung bersentuhan dengan sektor keuangan, termasuk tokenisasi aset, *stablecoin*, dan perdagangan kripto, tetap berada di bawah pengawasan ketat dan memerlukan izin khusus dari regulator terkait, seperti Otoritas Jasa Keuangan (OJK).<sup>3</sup> Pendekatan ini dipandang sebagai upaya pemerintah untuk menyeimbangkan dorongan inovasi dengan kebutuhan mendesak akan perlindungan konsumen dan menjaga stabilitas sistem keuangan.<sup>3</sup>

Sebelumnya, regulasi terkait aset kripto dan blockchain di Indonesia cenderung bersifat ambigu, sektoral, dan belum komprehensif, seringkali mengadopsi pendekatan "tunggu dan lihat" (*wait and see*).<sup>6</sup> Pengesahan PP 28/2025 yang secara eksplisit memasukkan blockchain sebagai teknologi strategis dan memberikan dasar hukum yang jelas untuk aplikasi non-keuangan menunjukkan perubahan signifikan menuju sikap yang lebih proaktif dan mendukung. Ini adalah langkah fundamental untuk mengurangi "ketidakpastian hukum" yang menjadi salah satu keluhan utama industri<sup>7</sup>, serta "menurunkan hambatan masuk bagi inovator dan

*startup* lokal".<sup>3</sup> Pergeseran ini menciptakan lingkungan yang jauh lebih kondusif bagi inovasi dan investasi di bidang blockchain.

Pemisahan regulasi yang jelas antara aktivitas blockchain non-keuangan (yang hanya memerlukan NIB dan Sertifikat Standar) dan aktivitas keuangan (yang memerlukan izin khusus OJK)<sup>3</sup> akan secara langsung memengaruhi dan membentuk jenis talenta yang dibutuhkan di pasar kerja. Kondisi ini akan mendorong munculnya dua jalur pengembangan SDM yang berbeda: satu untuk aplikasi blockchain umum (misalnya, transparansi rantai pasok, identitas digital, tata kelola) yang memerlukan pemahaman teknis dan operasional yang kuat, dan satu lagi untuk aplikasi keuangan yang memerlukan keahlian mendalam dalam regulasi keuangan, kepatuhan (

*compliance*), dan keamanan siber di sektor finansial yang sangat diatur. Diferensiasi ini akan mendorong spesialisasi yang lebih tajam dalam pengembangan kurikulum dan program pelatihan blockchain di Indonesia.

## **B. Regulasi Terkait Transaksi Elektronik dan Data: Undang-Undang ITE dan Peraturan Menteri Kominfo**

Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2024, yang merupakan Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (UU ITE), memiliki implikasi penting bagi teknologi blockchain. UU ini mengakui Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik, beserta hasil cetakannya, sebagai bukti hukum yang sah, asalkan penggunaan Sistem Elektronik dilakukan sesuai ketentuan yang berlaku.<sup>9</sup> Ketentuan ini memberikan dasar hukum yang kuat untuk pengakuan legalitas data yang dicatat dan diverifikasi di jaringan blockchain.

UU ITE juga mengatur peran Penyelenggara Sertifikasi Elektronik yang dapat menyediakan berbagai layanan krusial seperti Tanda Tangan Elektronik, segel elektronik, penanda waktu elektronik, identitas digital, dan layanan lain yang menggunakan Sertifikat Elektronik.<sup>9</sup> Ini sangat relevan untuk aplikasi blockchain yang mengandalkan identitas digital dan verifikasi data. Secara khusus, Transaksi Elektronik yang memiliki risiko tinggi diwajibkan untuk menggunakan Tanda Tangan Elektronik yang diamankan dengan Sertifikat Elektronik.<sup>9</sup> Ketentuan ini mendorong penggunaan teknologi yang dapat menjamin integritas dan keaslian transaksi. Pemerintah juga diberikan tanggung jawab untuk mempromosikan ekosistem digital yang adil, akuntabel, aman, dan inovatif, serta memiliki wewenang untuk memerintahkan Penyelenggara Sistem Elektronik melakukan penyesuaian yang diperlukan.<sup>9</sup>

Di sisi lain, Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 5 Tahun 2020 tentang Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Privat (PSE Lingkup Privat) menetapkan kerangka kerja yang komprehensif. Peraturan ini mewajibkan pendaftaran bagi seluruh PSE Lingkup Privat, termasuk entitas yang menyediakan portal, situs, atau aplikasi untuk penawaran/perdagangan barang/jasa, layanan transaksi keuangan, konten digital berbayar, layanan komunikasi, mesin pencari, dan pemrosesan data pribadi.<sup>10</sup> PSE juga diwajibkan untuk memastikan sistemnya tidak memuat atau memfasilitasi penyebaran informasi/dokumen elektronik yang dilarang.<sup>10</sup> Menteri dapat mengenakan sanksi administratif, termasuk pemutusan akses dan denda, bagi PSE yang tidak patuh terhadap kewajiban pendaftaran, pelaporan perubahan informasi, atau tidak memberikan akses data untuk pengawasan/penegakan hukum.<sup>10</sup> PSE juga wajib menyediakan akses ke sistem elektronik dan/atau data elektronik kepada Kementerian/Lembaga untuk tujuan pengawasan dan kepada aparat penegak hukum

untuk penyelidikan.<sup>10</sup>

UU ITE 1/2024 secara eksplisit mengakui "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik" sebagai bukti hukum yang sah dan mengatur "Sertifikasi Elektronik" serta "Identitas Digital." Ini merupakan validasi yang kuat terhadap karakteristik inti blockchain, yaitu pencatatan yang tidak dapat diubah dan terverifikasi.<sup>11</sup> Namun, di sisi lain, Permen Kominfo 5/2020 yang mengharuskan pendaftaran terpusat, kontrol konten, dan akses data bagi PSE Lingkup Privat, sangat bertentangan dengan sifat "tanpa kepercayaan" (

*trustless*) dan terdesentralisasi dari blockchain.<sup>11</sup> Konflik ini menciptakan ketidakpastian hukum yang signifikan bagi proyek blockchain yang benar-benar terdesentralisasi, karena sulit untuk mengidentifikasi entitas penanggung jawab dan menerapkan mekanisme kepatuhan yang sentralistik pada jaringan yang terdistribusi secara global.

Pasal 17 UU ITE 1/2024 mewajibkan transaksi elektronik berisiko tinggi menggunakan Tanda Tangan Elektronik yang diamankan dengan Sertifikat Elektronik.<sup>9</sup> Blockchain, dengan sifat kriptografinya yang kuat dan kemampuannya untuk mencatat transaksi secara transparan dan tidak dapat diubah<sup>11</sup>, secara inheren dapat menyediakan tingkat keamanan dan integritas yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan ini. Hal ini menempatkan blockchain tidak hanya sebagai teknologi inovatif tetapi juga sebagai solusi potensial untuk kepatuhan regulasi dalam sektor-sektor kritis seperti keuangan, mendorong adopsi dan investasi dalam pengembangan keahlian terkait.

### **C. Regulasi Aset Kripto: Peran Bappebti**

Peraturan Badan Pengawas Perdagangan Berjangka Komoditi (Bappebti) Nomor 8 Tahun 2024 (perubahan kedua atas Peraturan Bappebti Nomor 8 Tahun 2021) secara spesifik mengatur Pedoman Penyelenggaraan Perdagangan Pasar Fisik Aset Kripto di Bursa Berjangka.<sup>15</sup> Di bawah kerangka Bappebti, aset kripto diakui dan diklasifikasikan sebagai komoditas yang dapat diperdagangkan, bukan sebagai alat pembayaran.<sup>6</sup> Pengakuan ini didasari oleh potensi investasi yang besar dari aset kripto dan sebagai upaya untuk mencegah

*capital outflow* atau pelarian modal ke luar negeri.<sup>6</sup>

Bappebti memiliki peran aktif dalam mengawasi perkembangan teknologi blockchain

dan aset kripto secara terus-menerus. Tujuannya adalah untuk menghasilkan taksonomi aset kripto yang *up to date* yang dapat menjadi dasar penyusunan regulasi yang lebih harmonis dan terintegrasi di masa depan.<sup>6</sup>

Meskipun Bappebti telah berhasil membangun kerangka untuk perdagangan aset kripto sebagai komoditas<sup>6</sup>, regulasi ini masih dianggap ambigu, sektoral, dan tidak komprehensif oleh pelaku industri.<sup>6</sup> Hal ini terutama karena belum ada aturan spesifik yang jelas untuk aplikasi blockchain yang lebih luas di sektor keuangan, seperti

*Initial Coin Offering (ICO), Security Token Offering (STO), Initial Exchange Offering (IEO), Non-Fungible Token (NFT)* sebagai aset keuangan, dan *Stablecoin*.<sup>6</sup>

Pembatasan ini secara signifikan menghambat inovasi di sektor keuangan terdesentralisasi (DeFi) dan tokenisasi aset yang lebih kompleks, yang membutuhkan kerangka hukum yang jelas dan terkoordinasi dari regulator keuangan utama seperti OJK dan Bank Indonesia. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sementara dasar untuk perdagangan aset kripto sudah ada, potensi penuh blockchain di sektor keuangan belum sepenuhnya didukung oleh regulasi yang komprehensif dan terintegrasi.

#### **D. Tantangan Regulasi bagi Sistem Terdesentralisasi (Trustless & Open Source)**

Meskipun ada kemajuan regulasi, salah satu tantangan utama yang masih ada adalah ketidakpastian hukum yang menyelubungi penggunaan blockchain, terutama terkait tanggung jawab hukum dan perlindungan konsumen di tengah sifatnya yang terdesentralisasi.<sup>7</sup>

Sifat immutabilitas blockchain, di mana data yang sekali dicatat tidak dapat diubah atau dihapus, berpotensi bertentangan secara fundamental dengan regulasi privasi data yang berlaku, seperti "hak untuk dilupakan" yang diatur dalam GDPR.<sup>16</sup> Peraturan seperti Permen Kominfo 5/2020, yang mewajibkan penyedia sistem elektronik untuk menyediakan akses data dan melakukan

*take-down* konten, menjadi sangat sulit diterapkan pada jaringan terdesentralisasi dan data yang *immutable*.<sup>10</sup>

Dalam sistem yang sangat terdesentralisasi seperti *Decentralized Autonomous Organizations (DAO)*, sulit untuk mengidentifikasi "Penyelenggara Sistem Elektronik Lingkup Privat" (PSE Lingkup Privat) yang secara jelas bertanggung jawab atas kepatuhan regulasi, karena tidak ada entitas pusat yang memiliki kendali tunggal.<sup>18</sup>

Penggunaan blockchain dalam transaksi keuangan juga memunculkan masalah kompleks terkait pengawasan transaksi, pencegahan pencucian uang (

*Anti-Money Laundering/AML*), dan penghindaran pajak, yang membutuhkan kerangka regulasi yang jelas dan adaptif.<sup>17</sup> Selain itu, ketidakjelasan mengenai kepemilikan dan perlindungan hukum terhadap informasi atau aset yang terdistribusi di blockchain merupakan masalah yang perlu diatasi untuk mendorong adopsi yang lebih luas.<sup>7</sup>

Mengingat konflik yang mendalam antara prinsip desentralisasi dan immutabilitas blockchain <sup>11</sup> dengan kerangka regulasi yang sentralistik dan berbasis entitas <sup>10</sup>, pendekatan "regulatory sandbox" merupakan mekanisme kritis yang diperlukan. Sandbox memungkinkan regulator dan inovator untuk berdialog dalam lingkungan yang aman dan rahasia, menguji solusi blockchain baru, dan mengidentifikasi praktik terbaik serta hambatan regulasi secara langsung.<sup>19</sup> Tanpa pendekatan adaptif ini, Indonesia berisiko membatasi potensi penuh teknologi blockchain, terutama di sektor non-keuangan yang baru diakui secara luas, karena regulasi yang ada tidak dirancang untuk mengakomodasi karakteristik unik teknologi ini.

**Tabel 1: Ringkasan Regulasi Utama Blockchain di Indonesia**

Regulasi	Lembaga Penerbit	Lingkup Utama	Implikasi untuk Blockchain	Tantangan/Kesepakatan
PP No. 28 Tahun 2025 <sup>3</sup>	Pemerintah Pusat	Pengakuan resmi blockchain sebagai teknologi strategis; Perizinan Berusaha Berbasis Risiko.	Memberikan dasar hukum jelas untuk aktivitas blockchain non-keuangan (NIB + Sertifikat Standar); mendorong inovasi di Web3, NFT non-keuangan, DeFi non-keuangan.	Aktivitas keuangan (tokenisasi, stablecoin, kripto trading) tetap memerlukan izin khusus OJK.
UU No. 1 Tahun 2024 (Perubahan	Pemerintah Pusat (DPR & Presiden)	Pengakuan Informasi/Dokumen Elektronik	Memberikan validitas hukum pada data dan	Tidak secara eksplisit menyebut

Kedua UU ITE) <sup>9</sup>		sebagai bukti hukum; pengaturan Sertifikasi Elektronik, Tanda Tangan Elektronik, Identitas Digital; Transaksi Elektronik berisiko tinggi.	transaksi di blockchain; mendorong penggunaan blockchain untuk keamanan dan integritas data (misal: identitas digital, <i>smart contract</i> ).	blockchain; tantangan implementasi pada sistem terdesentralisasi (misal: penegakan perintah akses data).
Permen Kominfo No. 5 Tahun 2020 <sup>10</sup>	Kementerian Komunikasi dan Informatika	Kewajiban pendaftaran PSE Lingkup Privat; kontrol konten; akses data untuk pengawasan/penegakan hukum; lokasi data.	Memastikan akuntabilitas PSE; namun, berpotensi bertentangan dengan prinsip desentralisasi, immutabilitas, dan anonimitas blockchain, menyulitkan identifikasi penanggung jawab dan penegakan <i>take-down</i> pada DLT.	Konflik dengan sifat terdesentralisasi blockchain; sulitnya penegakan pada entitas tanpa pusat kendali jelas.
Peraturan Bappebti No. 8 Tahun 2024 <sup>15</sup> & No. 11 Tahun 2022 <sup>23</sup>	Bappebti	Pedoman Penyelenggaraan Perdagangan Pasar Fisik Aset Kripto; penetapan daftar aset kripto yang diperdagangkan.	Mengklasifikasikan aset kripto sebagai komoditas; memberikan kerangka hukum untuk perdagangan kripto; melindungi investor.	Masih ambigu dan sektoral; belum mencakup ICO, STO, NFT (sebagai aset keuangan), <i>Stablecoin</i> , dan aplikasi keuangan blockchain lainnya (misal: DeFi).

Tabel ini berfungsi sebagai titik referensi terpusat yang merangkum lanskap regulasi blockchain yang kompleks di Indonesia. Dengan menyajikan secara ringkas setiap



regulasi utama, lembaga penerbitnya, lingkup utama, implikasi langsung terhadap teknologi blockchain, serta tantangan atau kesenjangan yang ada, tabel ini memungkinkan pemangku kepentingan, baik pembuat kebijakan maupun pelaku industri, untuk dengan cepat memahami dasar hukum yang berlaku dan mengidentifikasi area-area yang memerlukan perhatian lebih lanjut atau klarifikasi. Ini melampaui sekadar daftar undang-undang dengan memberikan analisis singkat tentang relevansi dan dampaknya terhadap pengembangan blockchain dan kebutuhan talenta.

### **III. Kondisi Sumber Daya Manusia (SDM) Blockchain di Indonesia**

#### **A. Kebutuhan Talenta dan Kesenjangan Keterampilan**

Indonesia menghadapi peningkatan permintaan yang signifikan untuk spesialis blockchain, namun pasokan talenta yang tersedia masih terbatas, menunjukkan adanya kesenjangan yang substansial.<sup>13</sup> Secara lebih luas, Indonesia memiliki kebutuhan yang sangat besar akan talenta digital, diperkirakan mencapai sekitar 9 juta orang hingga tahun 2035, atau rata-rata sekitar 600.000 talenta per tahun.<sup>2</sup> Blockchain adalah salah satu area kunci dalam kebutuhan ini.

Kesenjangan keterampilan menjadi salah satu tantangan terbesar dalam adopsi teknologi baru seperti AI dan blockchain, karena banyak sistem pendidikan yang belum sepenuhnya siap menghadapi perubahan cepat ini.<sup>24</sup> Kurikulum pendidikan yang ada seringkali masih berfokus pada keterampilan tradisional, padahal dunia kerja modern membutuhkan keterampilan baru seperti pemrograman, analisis data, dan pemecahan masalah berbasis teknologi yang relevan dengan blockchain.<sup>24</sup>

Meskipun pemerintah telah mengambil langkah maju dengan mengakui blockchain sebagai teknologi strategis<sup>3</sup>, kelangkaan "spesialis"<sup>13</sup> dan "kesenjangan keterampilan"<sup>24</sup> yang parah dalam SDM blockchain Indonesia menjadi hambatan krusial. Ini menciptakan kondisi di mana niat kebijakan yang progresif mungkin tidak dapat diterjemahkan menjadi implementasi yang efektif di lapangan karena kurangnya tenaga ahli yang kompeten. Kondisi ini menyoroti urgensi investasi besar-besaran dan

terkoordinasi dalam pendidikan dan pelatihan blockchain, yang harus menjadi prioritas sejajar dengan pembentukan kerangka hukum.

## **B. Permintaan Profesional Blockchain di Berbagai Sektor**

Permintaan untuk penyedia teknologi keamanan dan blockchain meningkat pesat di tengah tren teknologi yang berkembang di Indonesia, didorong oleh kebutuhan akan solusi yang lebih aman dan efisien.<sup>25</sup> Berbagai industri berusaha memanfaatkan potensi blockchain secara beragam. Contohnya, sektor kesehatan mencoba memanfaatkan teknologi ini untuk mengatasi masalah ketiadaan sistem identifikasi pasien universal dan manajemen rekam medis yang terintegrasi.<sup>25</sup> Di sektor keuangan, blockchain digunakan untuk meningkatkan inklusi keuangan dan efisiensi.<sup>26</sup> Pemanfaatan blockchain juga memiliki potensi besar di sektor publik, rantai pasok (*supply chain*), edukasi, dan audit, yang semuanya dapat diuntungkan dari peningkatan transparansi dan efisiensi yang ditawarkan blockchain.<sup>27</sup>

Prospek karir di bidang blockchain sangat beragam. Dengan keterampilan yang tepat, lulusan dan profesional dapat mengejar karir sebagai Blockchain Developer, Blockchain Project Manager, Blockchain Solution Architect, Blockchain Quality Engineer, Blockchain UX Designer, Blockchain Legal Consultant, Smart Contract Auditor, Peneliti Tokenomics, Product Manager Web3, atau Konsultan Regulasi Kripto.<sup>28</sup>

Data menunjukkan bahwa permintaan profesional blockchain tidak hanya terbatas pada industri kripto atau aset digital, tetapi secara signifikan meluas ke berbagai sektor lain seperti kesehatan, rantai pasok, pendidikan, dan audit.<sup>25</sup> Ini mengindikasikan bahwa pemahaman tentang blockchain harus diperluas melampaui fokus sempit pada aset kripto, mencakup aplikasi

*enterprise* dan publik yang lebih luas. Oleh karena itu, program edukasi perlu mencerminkan diversifikasi ini, mempersiapkan talenta untuk peran yang lebih luas dan interdisipliner di berbagai industri, bukan hanya sebagai spesialis kripto, untuk memaksimalkan dampak teknologi ini di Indonesia.

## **C. Prospek Karir di Ekosistem Web3**

Ekosistem Web3 dianggap bukan hanya sekadar tren sesaat, melainkan arah masa depan yang transformatif bagi banyak industri, termasuk keuangan, *gaming*, rantai pasok, dan identitas digital.<sup>28</sup> Dalam ekosistem Web3, memiliki portofolio proyek blockchain yang konkret setelah lulus dianggap memberikan kredibilitas yang jauh lebih tinggi dan relevan daripada sekadar ijazah akademis.<sup>28</sup> Ini menekankan pentingnya pengalaman praktis dan proyek nyata dalam pengembangan karir di bidang ini.

## IV. Inisiatif Edukasi dan Pengembangan Talenta Blockchain

### A. Peran Institusi Pendidikan Tinggi (Universitas)

Beberapa universitas terkemuka di Indonesia telah mulai mengintegrasikan materi blockchain ke dalam kurikulum mereka, menunjukkan respons terhadap kebutuhan industri. Universitas Gadjah Mada (UGM) menawarkan kursus pengantar Blockchain di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA).<sup>28</sup> Universitas Diponegoro (UNDIP) membahas

*big data* dan krypto dalam konteks bisnis digital.<sup>28</sup> Universitas Sebelas Maret (UNS) menawarkan kursus spesifik berjudul "Blockchain, Cryptocurrency & Its Applications".<sup>28</sup> Institut Teknologi Bandung (ITB) membahas blockchain melalui mata kuliah sistem terdistribusi tingkat lanjut.<sup>28</sup> Universitas Bina Nusantara (BINUS) membahas krypto dalam konteks transformasi industri digital.<sup>28</sup> Sementara itu, University of Jakarta International (Uniji) menawarkan program "Blockchain Technology" yang komprehensif, mencakup sejarah, prinsip,

*Distributed Ledger Technology* (DLT), mekanisme konsensus, *smart contract*, berbagai platform (Bitcoin, Ethereum, Hyperledger, dan Corda), serta aspek keamanan.<sup>29</sup>

Kurikulum yang muncul di berbagai institusi ini umumnya mencakup dasar-dasar kriptografi dan desain algoritma, bahasa pemrograman *smart contract* (seperti

Solidity), infrastruktur jaringan desentralisasi, tata kelola DAO dan *governance token*, serta aspek hukum, regulasi, dan etika aset digital, dan model ekonomi token.<sup>28</sup>

Pentingnya kolaborasi erat antara pemerintah, pelaku industri, komunitas, dan akademisi ditekankan sebagai kunci untuk membangun ekosistem blockchain yang inklusif dan berkelanjutan.<sup>2</sup> Institut Teknologi Bandung (ITB) secara eksplisit menyatakan kesiapan untuk berkolaborasi dalam pengembangan blockchain, khususnya untuk industri pelabuhan.<sup>30</sup>

Kurikulum universitas yang mulai mencakup komponen seperti "Solidity," "infrastruktur jaringan desentralisasi," "tata kelola DAO," dan aspek "hukum, regulasi, etika digital asset"<sup>28</sup> menunjukkan adaptasi yang signifikan terhadap kebutuhan industri. Ini mencerminkan permintaan pasar akan talenta yang tidak hanya memahami teori blockchain tetapi juga memiliki keterampilan praktis untuk membangun, mengelola, dan mengaudit solusi blockchain, serta memahami implikasi regulasinya. Institusi pendidikan menyadari bahwa mereka harus menghasilkan lulusan yang siap kerja di ekosistem Web3 yang dinamis, mendorong pergeseran dari pembelajaran teoretis murni ke pendekatan yang lebih aplikatif dan interdisipliner.

**Tabel 2: Program Edukasi Blockchain di Universitas Pilihan Indonesia**

Universitas	Program/Fakultas/Mata Kuliah Terkait Blockchain	Fokus Kurikulum (jika tersedia)	Peluang Karir yang Ditargetkan (contoh)
Universitas Gadjah Mada (UGM) <sup>28</sup>	Kursus pengantar Blockchain (Fakultas MIPA)	Pengantar konsep dasar blockchain, kriptografi.	Umum, dasar untuk berbagai industri yang mengadopsi teknologi digital.
Universitas Diponegoro (UNDIP) <sup>28</sup>	Pembahasan <i>big data</i> dan kripto dalam konteks bisnis digital	Integrasi blockchain dalam strategi bisnis digital, analisis data besar.	Analisis Bisnis Digital, Konsultan Teknologi, Spesialis Transformasi Digital.
Universitas Sebelas Maret (UNS) <sup>28</sup>	"Blockchain, Cryptocurrency & Its Applications"	Konsep blockchain, aplikasi kripto, dasar-dasar <i>smart contract</i> .	Spesialis Kripto, Pengembang Aplikasi Blockchain tingkat dasar.

Institut Teknologi Bandung (ITB) <sup>28</sup>	Pembahasan melalui sistem terdistribusi tingkat lanjut	Aspek teknis mendalam, arsitektur sistem terdistribusi, keamanan jaringan.	Blockchain Developer, Solution Architect, Peneliti Blockchain.
Universitas Bina Nusantara (BINUS) <sup>28</sup>	Pembahasan krypto dalam konteks transformasi industri digital	Penerapan blockchain dalam transformasi digital industri, model bisnis baru.	Product Manager Web3, Konsultan Transformasi Digital, Analis Industri Blockchain.
University of Jakarta International (Uniji) <sup>29</sup>	Program "Blockchain Technology"	Sejarah, prinsip, DLT, konsensus, <i>smart contract</i> , platform (Bitcoin, Ethereum, Hyperledger, Corda), keamanan, manajemen kunci pribadi, praktik terbaik keamanan.	Blockchain Developer, Project Manager, Solution Architect, Quality Engineer, UX Designer, Legal Consultant.

Tabel ini memberikan gambaran komparatif yang jelas tentang bagaimana berbagai universitas terkemuka di Indonesia mengintegrasikan blockchain ke dalam kurikulum mereka. Ini membantu calon mahasiswa, pendidik, dan mitra industri untuk dengan mudah mengidentifikasi program-program spesifik dan area fokusnya, menyoroti beragam pendekatan terhadap pendidikan blockchain. Dengan demikian, tabel ini tidak hanya menyajikan data tetapi juga menjadi alat bantu strategis untuk memahami lanskap pendidikan formal blockchain saat ini dan mengidentifikasi potensi area untuk kolaborasi atau spesialisasi guna mengatasi kesenjangan keterampilan yang ada.

## B. Program Sertifikasi dan Pelatihan Profesional

Berbagai platform pendidikan menawarkan kursus dan sertifikasi blockchain, baik gratis maupun berbayar. Materi yang diajarkan mencakup spektrum luas, mulai dari dasar-dasar kriptografi, Bitcoin, Ethereum, hingga topik lanjutan seperti Hyperledger, pengembangan *smart contract* menggunakan Solidity, dan pembangunan aplikasi berbasis blockchain.<sup>32</sup> Contoh penyedia program ini termasuk platform daring global seperti Udemy (yang juga menawarkan kursus dari institusi lokal seperti Bina Nusantara University)<sup>33</sup>, platform edukasi krypto lokal seperti Indodax Academy<sup>32</sup>,

serta lembaga pelatihan profesional seperti The Knowledge Academy<sup>34</sup> dan iCert Global<sup>35</sup> yang menawarkan sertifikasi di Jakarta.

Asosiasi Blockchain Indonesia (ABI) juga menunjukkan komitmennya dalam pengembangan talenta dengan rencana peluncuran program sertifikasi blockchain pada Q1/2025. Program ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mendalam dan mengembangkan keterampilan teknis yang siap pakai bagi peserta yang ingin memasuki industri.<sup>36</sup>

Mengingat kecepatan eksponensial perkembangan teknologi blockchain dan kebutuhan mendesak akan talenta yang kompeten<sup>13</sup>, program sertifikasi dan pelatihan profesional yang ditawarkan oleh platform swasta dan asosiasi industri<sup>32</sup> menjadi sangat penting dan strategis. Lembaga-lembaga ini memiliki fleksibilitas untuk beradaptasi lebih cepat terhadap perubahan kebutuhan pasar dibandingkan sistem pendidikan formal, memungkinkan mereka menyediakan pelatihan yang sangat spesifik, relevan, dan segera dapat diterapkan dalam industri. Hal ini menunjukkan bahwa upaya penutupan kesenjangan keterampilan tidak hanya bergantung pada universitas, tetapi juga pada ekosistem pelatihan non-formal yang gesit dan responsif terhadap dinamika pasar.

### **C. Program Magang dan Jalur Pengembangan Karir**

Mengingat kebutuhan mendesak Indonesia akan sekitar 600.000 talenta digital setiap tahun hingga 2035, banyak program magang kini difokuskan secara spesifik pada teknologi blockchain.<sup>2</sup> Program magang ini menawarkan pengalaman langsung yang tak ternilai dalam proyek blockchain nyata, analisis pasar kripto, pengembangan strategi, dan pembangunan jaringan terdesentralisasi, yang semuanya krusial untuk pengembangan karir di bidang ini.<sup>37</sup> Contoh program magang termasuk International Cryptocurrency & Blockchain Internship yang ditawarkan oleh Asia Internship Program (AIP), yang menyediakan penempatan di berbagai negara Asia dengan fokus pada inovasi blockchain dan

*trading* kripto.<sup>37</sup> Selain itu, perusahaan teknologi lokal seperti Sekawan Media juga menawarkan posisi magang Junior Blockchain Engineer.<sup>38</sup>

Program magang<sup>2</sup> berfungsi sebagai mekanisme krusial untuk menjembatani kesenjangan yang sering terjadi antara pengetahuan akademis yang diperoleh di

bangku kuliah dan keterampilan praktis yang sangat dibutuhkan oleh industri. Dengan memungkinkan mahasiswa dan profesional muda untuk terlibat langsung dalam proyek-proyek nyata berbasis blockchain, magang tidak hanya mengembangkan keterampilan teknis yang relevan tetapi juga membantu mereka membangun portofolio proyek yang konkret<sup>28</sup>, yang sangat dihargai dan memberikan kredibilitas di ekosistem Web3. Ini adalah cara yang sangat efisien untuk mempercepat ketersediaan talenta siap kerja yang dapat langsung berkontribusi pada pertumbuhan ekosistem blockchain.

#### **D. Peran Asosiasi Industri dan Sektor Swasta dalam Pengembangan Talenta**

Asosiasi Blockchain Indonesia (ABI) memainkan peran sentral sebagai katalisator yang mendorong kolaborasi antara pelaku industri blockchain, regulator, dan masyarakat. ABI juga berfungsi sebagai jembatan untuk menciptakan lingkungan bisnis yang berkualitas dan kondusif bagi pertumbuhan.<sup>36</sup> ABI secara aktif terlibat dalam meningkatkan kesadaran publik dan pemangku kepentingan tentang pentingnya teknologi blockchain melalui berbagai program edukasi, termasuk inisiatif seperti "Goes to Campus," "Indonesia Blockchain Conference," dan "Bulan Literasi Kripto".<sup>36</sup> Perusahaan yang mengadopsi teknologi Blockchain juga berkontribusi pada pengembangan talenta dengan melakukan penelitian internal dan menyesuaikan kurikulum pelatihan bagi karyawan atau peserta program mereka, memastikan literasi sistem blockchain yang relevan dengan perkembangan teknologi terbaru.<sup>2</sup>

Perusahaan dan asosiasi industri (seperti ABI)<sup>2</sup> adalah pihak yang paling responsif dan gesit dalam menanggapi perubahan kebutuhan pasar dan perkembangan teknologi. Peran proaktif mereka dalam menyesuaikan kurikulum, menawarkan program sertifikasi yang relevan, dan menyelenggarakan acara literasi menunjukkan bahwa mereka tidak hanya berfungsi sebagai konsumen talenta tetapi juga sebagai produsen aktif pengetahuan dan keterampilan yang sangat dibutuhkan. Ini adalah mekanisme penting untuk memastikan bahwa pendidikan blockchain tetap relevan, mutakhir, dan selaras dengan tuntutan industri yang berkembang pesat, melengkapi peran institusi pendidikan formal.

#### **V. Peluang dan Tantangan dalam Pengembangan SDM dan**

# Edukasi Blockchain

## A. Peluang: Peningkatan Transparansi, Efisiensi, Keamanan, dan Inovasi

Blockchain menawarkan kemampuan untuk menciptakan catatan transaksi yang tidak dapat diubah, yang secara signifikan meningkatkan transparansi dalam pembiayaan dan pengelolaan proyek. Ini meminimalkan risiko penyalahgunaan dana dan memastikan penggunaan dana sesuai rencana, sangat relevan untuk sektor publik dan organisasi nirlaba.<sup>5</sup> Penerapan

*smart contract* dapat mengotomatisasi berbagai proses bisnis dan mengurangi biaya operasional secara substansial, misalnya dalam sistem pembayaran atau pengelolaan perjanjian.<sup>11</sup> Sistem blockchain yang terdesentralisasi, dikombinasikan dengan penggunaan kriptografi yang kuat, secara inheren meningkatkan keamanan data dan ketahanan sistem terhadap peretasan atau manipulasi.<sup>11</sup> Pengakuan resmi pemerintah melalui PP 28/2025 diharapkan dapat secara signifikan menurunkan hambatan masuk bagi inovator dan

*startup* lokal, mendorong eksplorasi yang lebih luas dari berbagai aplikasi blockchain di luar kripto.<sup>3</sup> Selain itu, teknologi blockchain memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi di sektor keuangan dengan mengurangi biaya transaksi dan meningkatkan aksesibilitas layanan keuangan, terutama bagi masyarakat yang belum terlayani oleh sistem perbankan tradisional.<sup>26</sup>

## B. Tantangan: Ketidakpastian Hukum, Isu Perlindungan Data, dan Skalabilitas

Meskipun ada kemajuan, regulasi blockchain di Indonesia masih dapat dianggap ambigu dan sektoral di beberapa area.<sup>6</sup> Ketidakjelasan ini masih mempersulit perusahaan dan investor untuk beroperasi dengan keyakinan penuh dan merencanakan strategi jangka panjang.<sup>8</sup> Sifat immutabilitas blockchain, di mana data yang sekali dicatat tidak dapat diubah atau dihapus, secara fundamental bertentangan dengan prinsip-prinsip privasi data modern seperti "hak untuk



dilupakan" yang diatur dalam regulasi seperti GDPR.<sup>16</sup> Ini menjadi tantangan besar dalam mencapai kepatuhan regulasi data. Potensi penggunaan

*cryptocurrency* untuk transaksi ilegal seperti pencucian uang dan pendanaan terorisme menimbulkan pertanyaan serius tentang bagaimana mengatur teknologi ini tanpa menghambat perkembangan yang sah dan inovatif.<sup>17</sup> Infrastruktur blockchain yang ada saat ini masih menghadapi batasan dalam menangani volume transaksi yang sangat besar secara efisien, yang dapat menjadi hambatan untuk adopsi massal di beberapa aplikasi.<sup>12</sup> Terakhir, kurangnya talenta blockchain yang memadai dan kesenjangan keterampilan yang signifikan masih menjadi hambatan utama bagi adopsi dan pengembangan teknologi ini di Indonesia.<sup>13</sup>

### **C. Pendekatan Sandbox sebagai Solusi untuk Inovasi Regulasi**

Pendekatan *regulatory sandbox* memungkinkan regulator dan inovator untuk berdialog dan berkolaborasi dalam lingkungan yang aman dan rahasia. Tujuannya adalah untuk menguji solusi blockchain baru, mengidentifikasi praktik terbaik, dan memahami hambatan regulasi yang mungkin muncul.<sup>21</sup>

Sebagai contoh, *European Blockchain Regulatory Sandbox* merupakan inisiatif yang menyediakan kerangka kerja pan-Eropa untuk dialog regulasi yang bertujuan meningkatkan kepastian hukum bagi solusi *Distributed Ledger Technology* (DLT) yang inovatif.<sup>20</sup>

*Sandbox* ini secara tahunan menerima kohort kasus penggunaan blockchain (sekitar 20 kasus per tahun) dan mencocokkannya dengan regulator nasional dan Uni Eropa yang relevan untuk dialog konstruktif.<sup>21</sup> Peserta menerima nasihat hukum dan panduan regulasi dalam lingkungan yang aman, yang membantu mengidentifikasi hambatan regulasi dan praktik terbaik yang dapat diterapkan secara lebih luas.<sup>21</sup>

*Sandbox* ini terbuka untuk kasus penggunaan berbasis infrastruktur blockchain apa pun, termasuk yang berasal dari sektor publik, menunjukkan fleksibilitas dan cakupan yang luas.<sup>21</sup>

Mengingat konflik inheren antara sifat fundamental blockchain (desentralisasi, immutabilitas) dan kerangka regulasi yang ada yang cenderung sentralistik<sup>16</sup>, pendekatan

*regulatory sandbox* merupakan mekanisme kritis yang diperlukan. Sandbox memungkinkan regulator untuk memahami nuansa teknologi secara langsung, menguji dampaknya dalam lingkungan terkontrol, dan mengembangkan kebijakan yang lebih adaptif dan "technology-agnostic".<sup>19</sup> Ini adalah pendekatan berbasis bukti yang dapat menjembatani kesenjangan antara inovasi teknologi yang bergerak cepat dan proses legislasi yang cenderung lambat, secara efektif mengurangi risiko regulasi yang dapat "menghambat inovasi"<sup>6</sup> dan memastikan bahwa kebijakan yang dibuat relevan dan efektif.

**Tabel 3: Perbandingan Pendekatan Regulasi Sandbox Blockchain Internasional**

Fitur	European Blockchain Regulatory Sandbox <sup>20</sup>	Contoh Lain (misal: Singapura, Lithuania, Swiss) <sup>44</sup>	Implikasi untuk Indonesia
<b>Tujuan Utama</b>	Meningkatkan kepastian hukum untuk solusi DLT inovatif melalui dialog regulasi.	Mendorong inovasi <i>fintech</i> , menguji solusi bisnis baru di lingkungan terkontrol, memberikan dasar regulasi yang aman.	Indonesia dapat mengadopsi model serupa untuk mengurangi ketidakpastian hukum dan memfasilitasi dialog konstruktif antara regulator dan inovator blockchain.
<b>Mekanisme</b>	Kohort tahunan kasus penggunaan dicocokkan dengan regulator; nasihat hukum dan panduan regulasi; identifikasi praktik terbaik.	Lingkungan pengujian yang santai; lisensi kripto yang disederhanakan; pengakuan entitas hukum DAO (misal: Wyoming, Marshall Islands).	Memungkinkan pengujian aplikasi blockchain tanpa risiko regulasi penuh; dapat membantu mengidentifikasi bagaimana regulasi yang ada perlu diadaptasi atau regulasi baru yang perlu dibuat untuk teknologi terdesentralisasi.
<b>Pendekatan terhadap Desentralisasi/Trust</b>	Terbuka untuk infrastruktur blockchain apa pun; memfasilitasi dialog	Beberapa yurisdiksi secara eksplisit mengakui DAO sebagai entitas	Indonesia perlu mempertimbangkan bagaimana mengakomodasi sifat

less	tentang isu regulasi yang relevan dengan sifat DLT.	hukum untuk mengatasi masalah tanggung jawab dan tata kelola dalam sistem terdesentralisasi.	terdesentralisasi dan <i>trustless</i> <sup>11</sup> dalam kerangka hukumnya, mungkin melalui pengakuan entitas hukum baru atau penyesuaian definisi PSE yang lebih fleksibel.
<b>Fokus Industri</b>	Lintas sektor (energi, edukasi, kesehatan, mobilitas, keuangan, logistik, <i>supply chain</i> ), termasuk kasus penggunaan sektor publik.	Umumnya <i>fintech</i> , kripto, dan aplikasi bisnis berbasis DLT.	Indonesia dapat memperluas fokus <i>sandbox</i> untuk mencakup berbagai sektor seperti yang disebutkan dalam PP 28/2025 <sup>3</sup> , tidak hanya terbatas pada keuangan, untuk mendorong adopsi yang lebih luas.
<b>Manfaat</b>	Mengurangi ketidakpastian hukum, memfasilitasi pembelajaran regulator, mendorong inovasi lintas batas, dan membangun kepercayaan.	Mendorong investasi, menarik <i>startup</i> blockchain, menciptakan ekosistem yang ramah inovasi, dan meningkatkan daya saing global.	Mempercepat adopsi blockchain, menarik investasi asing dan lokal, dan mengembangkan talenta lokal yang kompeten dalam lingkungan yang diatur secara adaptif dan progresif.

Tabel ini tidak hanya mendefinisikan *regulatory sandbox* tetapi juga memberikan analisis komparatif yang mendalam tentang praktik terbaik internasional. Dengan membandingkan model *European Blockchain Regulatory Sandbox* dengan contoh-contoh lain, tabel ini menyoroti beragam pendekatan dalam menyeimbangkan inovasi dengan kebutuhan regulasi, terutama terkait tantangan unik desentralisasi dan sifat *trustless* blockchain. Ini memberikan contoh konkret dan wawasan yang dapat ditindaklanjuti bagi pembuat kebijakan di Indonesia tentang bagaimana merancang dan mengimplementasikan *sandbox* mereka secara efektif, belajar dari pengalaman global untuk menyesuaikan solusi yang sesuai dengan lanskap regulasi dan teknologi spesifik Indonesia.

## VI. Rekomendasi Strategis

Untuk mewujudkan potensi penuh teknologi blockchain di Indonesia dan mengatasi tantangan yang ada, diperlukan pendekatan strategis yang terkoordinasi dan multi-sektoral.

### A. Harmonisasi Regulasi untuk Mendukung Inovasi dan Kepastian Hukum

Pemerintah perlu membangun kerangka regulasi yang lebih komprehensif dan terintegrasi untuk blockchain, khususnya dengan menyelaraskan kebijakan antara Bappebti, OJK, dan Bank Indonesia. Harmonisasi ini penting untuk mencakup spektrum penuh aplikasi keuangan blockchain yang belum terdefinisi jelas, seperti ICO, STO, NFT sebagai aset keuangan, dan *Stablecoin*.<sup>6</sup>

Selanjutnya, pengembangan pedoman regulasi yang adaptif dan *technology-agnostic* yang secara eksplisit dapat mengakomodasi sifat terdesentralisasi dan *trustless* dari blockchain sangatlah krusial. Ini termasuk klarifikasi status hukum *Decentralized Autonomous Organizations* (DAO) dan identifikasi entitas penanggung jawab dalam jaringan terdistribusi, untuk mengurangi ambiguitas hukum yang ada.<sup>7</sup>

Pemerintah juga disarankan untuk secara formal menerapkan dan memperluas pendekatan *regulatory sandbox* untuk memungkinkan pengujian inovasi blockchain dalam lingkungan yang terkontrol. Mekanisme ini akan memfasilitasi dialog konstruktif antara inovator dan regulator, serta memberikan data dan wawasan yang berharga untuk pembentukan kebijakan di masa depan.<sup>21</sup>

### B. Peningkatan Kualitas dan Akses Edukasi Blockchain yang Komprehensif

Penting untuk mendorong integrasi kurikulum blockchain yang lebih mendalam, praktis, dan interdisipliner di institusi pendidikan tinggi. Fokus harus diberikan pada pengembangan keterampilan teknis yang relevan, seperti pemrograman *smart*

*contract* dan pemahaman infrastruktur desentralisasi, serta pemahaman yang kuat tentang aspek hukum dan regulasi blockchain.<sup>28</sup>

Selain itu, pengembangan program sertifikasi dan pelatihan profesional yang terstandardisasi dan diakui secara nasional adalah suatu keharusan. Inisiatif ini harus dilakukan melalui kerja sama erat dengan asosiasi industri seperti Asosiasi Blockchain Indonesia (ABI) dan platform pelatihan swasta, untuk memastikan relevansi dan kualitas materi yang diajarkan.<sup>32</sup>

Pemerintah, akademisi, dan industri harus secara proaktif meningkatkan kolaborasi dalam bentuk program magang, proyek penelitian bersama, dan *bootcamp* yang berfokus pada pengalaman praktis. Ini akan membantu menjembatani kesenjangan antara pengetahuan akademis dan kebutuhan industri, serta mempercepat pembentukan portofolio yang relevan bagi calon profesional blockchain.

### Karya yang dikutip

1. Implementasi dan Regulasi Teknologi Blockchain di Indonesia - SIP Law Firm, diakses Juli 26, 2025, <https://siplawfirm.id/teknologi-blockchain/?lang=id>
2. PENGGUNAAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DALAM KEAMANAN ..., diakses Juli 26, 2025, <https://jurnal.mediaakademik.com/index.php/jma/article/download/943/854/2929>
3. Resmi! Blockchain Masuk Rencana Strategis Digital Indonesia ..., diakses Juli 26, 2025, <https://www.liputan6.com/crypto/read/6096319/resmi-blockchain-masuk-rencana-strategis-digital-indonesia>
4. PP 28/2025, Langkah Strategis untuk Masa Depan Blockchain Indonesia - Medcom.id, diakses Juli 26, 2025, <https://www.medcom.id/teknologi/news-teknologi/5b2w6pvk-pp-28-2025-langkah-strategis-untuk-masa-depan-blockchain-indonesia>
5. Wapres Gibran Jelaskan PP Nomor 28 Tahun 2025 soal Payung Hukum Blockchain, diakses Juli 26, 2025, <https://www.liputan6.com/news/read/6092314/wapres-gibran-jelaskan-pp-nomor-28-tahun-2025-soal-payung-hukum-blockchain>
6. URGENSI PENERAPAN KERANGKA REGULASI ASET KRIPTO YANG KOMPREHENSIF, ADAPTIF, DAN AKOMODATIF, diakses Juli 26, 2025, <https://jurnal.kemendag.go.id/index.php/TPJ/article/download/760/384/5016>
7. Tantangan Regulasi dan Kerangka Hukum Blockchain - sis binus, diakses Juli 26, 2025, <https://sis.binus.ac.id/2024/01/19/tantangan-regulasi-dan-kerangka-hukum-blockchain/>
8. Regulasi Blockchain dan Cryptocurrency serta Tantangan dalam Pengaturan Aset Digital, diakses Juli 26, 2025, <https://www.kompasiana.com/alfarizildimas5333/670918fbed64152fca1053a2/reg>

[ulasi-blockchain-dan-cryptocurrency-serta-tantangan-dalam-pengaturan-aset-digital](#)

9. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2024 - JDIH Kemkomdigi, diakses Juli 26, 2025, [https://jdih.komdigi.go.id/produk\\_hukum/view/id/884/t/undangundang+nomor+1+tahun+2024](https://jdih.komdigi.go.id/produk_hukum/view/id/884/t/undangundang+nomor+1+tahun+2024)
10. JDIH Kemkomdigi - Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika ..., diakses Juli 26, 2025, [https://jdih.komdigi.go.id/produk\\_hukum/view/id/759/t/peraturan+menteri+komunikasi+dan+informatika+nomor+5+tahun+2020](https://jdih.komdigi.go.id/produk_hukum/view/id/759/t/peraturan+menteri+komunikasi+dan+informatika+nomor+5+tahun+2020)
11. Trustless - maksudnya dalam blockchain/cryptocurrency | Satu ..., diakses Juli 26, 2025, <https://ouinex.com/id/glossary/trustless-in-blockchaincrypto>
12. The Benefits of a Trustless Blockchain - Morpher, diakses Juli 26, 2025, <https://www.morpher.com/blog/benefits-of-a-trustless-blockchain>
13. Embracing Blockchain Technology in Indonesia for a More ..., diakses Juli 26, 2025, <https://io.binus.ac.id/2025/05/09/embracing-blockchain-technology-in-indonesia-for-a-more-transparent-future/>
14. Blockchain in Indonesia University: A Design Viewboard of Digital Technology Education | Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT), diakses Juli 26, 2025, <https://att.aptisi.or.id/index.php/att/article/download/146/142/584>
15. peraturan badan pengawas perdagangan berjangka ... - Bappebti, diakses Juli 26, 2025, [https://bappebti.go.id/resources/docs/peraturan/sk\\_kep\\_kepala\\_bappebti/sk\\_kep\\_kepala\\_bappebti\\_2024\\_08\\_16\\_svn0gy4r\\_id.pdf](https://bappebti.go.id/resources/docs/peraturan/sk_kep_kepala_bappebti/sk_kep_kepala_bappebti_2024_08_16_svn0gy4r_id.pdf)
16. Balancing Privacy & Performance | Dakota Digital Review, diakses Juli 26, 2025, <https://dda.ndus.edu/ddreview/balancing-privacy-performance/>
17. Blockchain Supply Chain Regulatory Compliance Guide - MoldStud, diakses Juli 26, 2025, <https://moldstud.com/articles/p-a-comprehensive-guide-to-blockchain-supply-chain-regulatory-issues-navigating-compliance-and-innovation>
18. Are DAOs Legal? Exploring DAO Legal Issues and Regulatory Challenges | MIDAO, diakses Juli 26, 2025, <https://www.midao.org/blog-posts/are-daos-legal-exploring-dao-legal-issues-and-regulatory-challenges>
19. Exploring Legal Frameworks for DAOs - Report by Mariana de la Roche - Blockstand.eu, diakses Juli 26, 2025, <https://blockstand.eu/exploring-legal-frameworks-for-daos-report-by-mariana-de-la-roche/>
20. European Blockchain Regulatory Sandbox | EU Digital Finance ..., diakses Juli 26, 2025, <https://digital-finance-platform.ec.europa.eu/cross-border-services/ebsi>
21. European blockchain sandbox - European Commission, diakses Juli 26, 2025, [https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/european-blockchain-sandbox\\_en](https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/european-blockchain-sandbox_en)
22. SALINAN - JDIH, diakses Juli 26, 2025, <https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/PP/2025/06/2025pp28.pdf>
23. peraturan badan pengawas perdagangan berjangka komoditi nomor 1 tahun 2025 tentang perubahan ketiga - Bappebti, diakses Juli 26, 2025,

- [https://bappebti.go.id/resources/docs/peraturan/sk\\_kep\\_kepala\\_bappebti/sk\\_kep\\_kepala\\_bappebti\\_2025\\_01\\_09\\_fnbg2qm7\\_id.pdf](https://bappebti.go.id/resources/docs/peraturan/sk_kep_kepala_bappebti/sk_kep_kepala_bappebti_2025_01_09_fnbg2qm7_id.pdf)
24. AI dan Masa Depan Pekerjaan: Revolusi atau Ancaman? - CSIRT UNAIR, diakses Juli 26, 2025,  
<https://csirt.unair.ac.id/ai-dan-masa-depan-pekerjaan-revolusi-atau-ancaman/>
  25. Blockchain Technology witnesses an upswing amidst a flurry of cyberattacks in Indonesia, diakses Juli 26, 2025,  
<https://www.digitalciosummit.com/blockchain-technology-witnesses-an-upswing-amidst-a-flurry-of-cyberattacks-in-indonesia-2/>
  26. Enhancing Data Security by Blockchain Technology: Investigating The Effective Execution of Digital Transformation Initiatives in Indonesia | Request PDF - ResearchGate, diakses Juli 26, 2025,  
[https://www.researchgate.net/publication/377063071\\_Enhancing\\_Data\\_Security\\_by\\_Blockchain\\_Technology\\_Investigating\\_The\\_Effective\\_Execution\\_of\\_Digital Transformation\\_Initiatives\\_in\\_Indonesia](https://www.researchgate.net/publication/377063071_Enhancing_Data_Security_by_Blockchain_Technology_Investigating_The_Effective_Execution_of_Digital_Transformation_Initiatives_in_Indonesia)
  27. Exploring Blockchain Adoption: Insights from Indonesia's Accountancy Firms on Auditor Intentions | Request PDF - ResearchGate, diakses Juli 26, 2025,  
[https://www.researchgate.net/publication/387596860\\_Exploring\\_Blockchain\\_Adoption\\_Insights\\_from\\_Indonesia's\\_Accountancy\\_Firms\\_on\\_Auditor\\_Intentions](https://www.researchgate.net/publication/387596860_Exploring_Blockchain_Adoption_Insights_from_Indonesia's_Accountancy_Firms_on_Auditor_Intentions)
  28. Top 15 Universitas Crypto 2025 Terbaik & Programnya - INDODAX, diakses Juli 26, 2025, <https://indodax.com/academy/daftar-universitas-crypto-terbaik/>
  29. University of Jakarta International, diakses Juli 26, 2025,  
[https://uniji.ac.id/index.php?option=com\\_sppagebuilder&view=page&id=41](https://uniji.ac.id/index.php?option=com_sppagebuilder&view=page&id=41)
  30. ITB Siap Berkolaborasi dalam Pengembangan Blockchain for Port Industry, diakses Juli 26, 2025,  
<https://itb.ac.id/berita/itb-siap-berkolaborasi-dalam-pengembangan-blockchain-for-port-industry/57936>
  31. Blockchain Resmi Jadi Teknologi Strategis di Indonesia, Apa Dampaknya? - Ekpos.com, diakses Juli 26, 2025,  
<https://ekpos.com/2025/07/13/blockchain-resmi-jadi-teknologi-strategis-di-indonesia-apa-dampaknya/>
  32. Indodax Akademi Crypto: Belajar Kripto & Blockchain, diakses Juli 26, 2025,  
<https://indodax.com/academy/>
  33. Kursus & Tutorial Online Blockchain Gratis Terpopuler - Diperbarui [Juli 2025] - Udemy, diakses Juli 26, 2025, <https://www.udemy.com/id/topic/blockchain/free/>
  34. Blockchain Training Course - Indonesia - Get Certified - The Knowledge Academy, diakses Juli 26, 2025,  
<https://www.theknowledgeacademy.com/id/courses/blockchain-training/blockchain-training-course/>
  35. Blockchain Certification Training Courses in Jakarta Indonesia - iCert Global, diakses Juli 26, 2025,  
[https://www.icertglobal.com/course/Blockchain-Certification-Training-Jakarta/CClassroom/98/343](https://www.icertglobal.com/course/Blockchain-Certification-Training-Jakarta/Classroom/98/343)
  36. Mengenal peran ABI dorong ekosistem blockchain di Indonesia, diakses Juli 26, 2025, <https://id.techinasia.com/peran-abi-ekosistem-blockchain-indonesia>



37. International Cryptocurrency & Blockchain Internship | Asia ..., diakses Juli 26, 2025, <https://www.internsinasia.com/internship/cryptocurrency-and-blockchain>
38. Internship Blockchain Engineer Job | Innovate with DApps, diakses Juli 26, 2025, <https://career.sekawanmedia.co.id/magang/internship-junior-blockchain-engineer/>
39. Blockchain for Nonprofits: Revolutionizing Charitable Work - Webisoft, diakses Juli 26, 2025, <https://webisoft.com/articles/blockchain-for-nonprofits/>
40. Menilik Inovasi Blockchain dalam Pembangunan Smart City Menggunakan Skema KPBU dan Kemungkinan Implementasinya di Indonesia, diakses Juli 26, 2025, <https://kpbu.kemenkeu.go.id/read/1224-1763/umum/kajian-opini-publik/menilik-inovasi-blockchain-dalam-pembangunan-smart-city-menggunakan-skema-kpbu-dan-kemungkinan-implementasinya-di-indonesia>
41. Trustless: How Blockchain Is Building Trust by Eliminating the Need for It - EXIN, diakses Juli 26, 2025, <https://www.exin.com/article/trustless-how-blockchain-building-trust-eliminating-need-it/>
42. Cryptocurrency Regulation: A Guide to U.S. & Global Policies | Britannica Money, diakses Juli 26, 2025, <https://www.britannica.com/money/cryptocurrency-regulation>
43. Regulation conform DLT-operable payment adapter based on trustless – justified trust combined generalized state channels - arXiv, diakses Juli 26, 2025, <https://arxiv.org/pdf/2007.01605>
44. Blockchain Projects Regulation, diakses Juli 26, 2025, <https://rue.ee/blog/blockchain-projects-regulation-in-europe/>