

**ANALISIS EVOLUSI DAN TRANSFORMASI TEKNOLOGI BLOCKCHAIN  
DALAM ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI GLOBAL: TANTANGAN,  
KEAMANAN, DAN IMPLEMENTASI LINTAS SEKTOR**

Rizky Gilang Ramadani  
Sistem Informasi Universitas Islam Negeri Sultan Thaha Saifuddin Jambi  
[rizkygilangramadani@email.com](mailto:rizkygilangramadani@email.com)

**ABSTRACT**

Blockchain technology has evolved significantly from a cryptocurrency transaction platform into a strategic technology that supports the transformation of global information system architectures. Its core characteristics, including decentralization, transparency, security, and data integrity, have made blockchain an innovative solution for improving efficiency, reliability, and secure information exchange across various sectors. This study aims to analyze the evolution of blockchain technology, identify implementation challenges, evaluate security aspects, and examine its applications in finance, healthcare, education, government, supply chain management, and the Internet of Things (IoT). The research employs a **literature review** approach by examining relevant scientific journal articles, conference proceedings, books, and other academic publications related to blockchain technology. The collected data were analyzed descriptively through identification, classification, synthesis, and interpretation of previous research findings. The results indicate that blockchain has evolved from Blockchain 1.0, which primarily focused on cryptocurrency, to Blockchain 4.0, integrating Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), cloud computing, and other emerging digital technologies. Blockchain implementation has demonstrated significant benefits in enhancing data security, transaction transparency, operational efficiency, and stakeholder trust. Nevertheless, several challenges remain, including scalability, interoperability, regulatory issues, energy consumption, and the availability of skilled human resources. Therefore, stronger collaboration among governments, industries, academic institutions, and technology developers is essential to maximize blockchain implementation in supporting the transformation of global information system architectures.

Keyword: Blockchain technology, Information systems, Digital transformation, Data security, Internet of Things (IoT).

**ABSTRAK**

Perkembangan teknologi blockchain telah mengalami transformasi yang signifikan dari sekadar platform transaksi mata uang kripto menjadi teknologi strategis yang mendukung pengembangan arsitektur sistem informasi global. Karakteristik

blockchain, seperti desentralisasi, transparansi, keamanan, dan integritas data, menjadikannya sebagai solusi inovatif dalam meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan pertukaran informasi di berbagai sektor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis evolusi teknologi blockchain, mengidentifikasi tantangan implementasi, mengevaluasi aspek keamanan, serta mengkaji penerapannya pada berbagai sektor, meliputi keuangan, kesehatan, pendidikan, pemerintahan, rantai pasok, dan Internet of Things (IoT). Metode penelitian yang digunakan adalah **literature review** dengan mengkaji berbagai artikel ilmiah, buku, prosiding, dan publikasi ilmiah yang relevan mengenai teknologi blockchain. Data dianalisis secara deskriptif melalui proses identifikasi, klasifikasi, sintesis, dan interpretasi terhadap temuan penelitian terdahulu. Hasil kajian menunjukkan bahwa blockchain telah berevolusi dari Blockchain 1.0 yang berfokus pada cryptocurrency menjadi Blockchain 4.0 yang terintegrasi dengan Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), cloud computing, dan teknologi digital lainnya. Implementasi blockchain terbukti mampu meningkatkan keamanan data, transparansi transaksi, efisiensi operasional, serta kepercayaan antar pemangku kepentingan. Namun demikian, penerapannya masih menghadapi berbagai tantangan, seperti skalabilitas, interoperabilitas, regulasi, konsumsi energi, dan kesiapan sumber daya manusia. Oleh karena itu, diperlukan sinergi antara pemerintah, industri, akademisi, dan pengembang teknologi untuk mendukung implementasi blockchain secara optimal dalam transformasi arsitektur sistem informasi global.

Kata kunci: Teknologi blockchain, Arsitektur sistem informasi, Desentralisasi, Keamanan data, Transformasi digital, Internet of Things (IoT).

## **A. Pendahuluan**

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi signifikan dalam pengelolaan sistem informasi di berbagai sektor, seperti keuangan, pemerintahan, kesehatan, pendidikan, logistik, dan industri. Transformasi digital menuntut sistem informasi yang tidak hanya mampu mengelola data secara cepat dan efisien, tetapi juga menjamin keamanan, transparansi, integritas,

dan keandalan informasi. Di sisi lain, meningkatnya volume pertukaran data digital turut diikuti oleh berbagai permasalahan, seperti kebocoran data, manipulasi informasi, serangan siber, serta rendahnya tingkat kepercayaan terhadap sistem yang masih menggunakan arsitektur terpusat (*centralized system*). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan konvensional semakin sulit memenuhi kebutuhan keamanan dan transparansi pada era digital

sehingga diperlukan teknologi yang mampu menyediakan mekanisme pengelolaan data yang lebih aman, terdistribusi, dan terpercaya.

Salah satu inovasi yang berkembang pesat dalam menjawab tantangan tersebut adalah teknologi *blockchain*. Teknologi ini pertama kali diperkenalkan oleh Nakamoto pada tahun 2008 sebagai infrastruktur utama sistem pembayaran digital Bitcoin dengan memanfaatkan konsep *Distributed Ledger Technology* (DLT). Berbeda dengan sistem konvensional yang bergantung pada otoritas pusat, *blockchain* menggunakan mekanisme desentralisasi sehingga setiap transaksi dapat diverifikasi oleh seluruh node dalam jaringan. Karakteristik tersebut menghasilkan sistem yang lebih transparan, sulit dimanipulasi, memiliki integritas data yang tinggi, serta meningkatkan kepercayaan antar pihak yang terlibat dalam proses pertukaran informasi. Seiring perkembangannya, *blockchain* tidak lagi terbatas pada transaksi mata uang kripto, tetapi telah diimplementasikan pada berbagai sektor strategis, seperti layanan keuangan, kesehatan, pemerintahan, pendidikan, rantai

pasok (*supply chain*), hingga *Internet of Things* (IoT).

Perkembangan *blockchain* juga menunjukkan evolusi yang sangat pesat. *Blockchain 1.0* berfokus pada transaksi aset digital melalui *cryptocurrency*, sedangkan *Blockchain 2.0* memperkenalkan konsep *smart contract* yang memungkinkan pelaksanaan kontrak secara otomatis tanpa keterlibatan pihak ketiga. Selanjutnya, *Blockchain 3.0* memperluas implementasi teknologi ke berbagai sektor industri dan layanan publik, sementara *Blockchain 4.0* mengintegrasikan *blockchain* dengan teknologi digital modern, seperti *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT), *cloud computing*, *big data*, dan *edge computing*. Evolusi tersebut menunjukkan bahwa *blockchain* telah berkembang menjadi salah satu fondasi penting dalam membangun arsitektur sistem informasi yang lebih aman, efisien, transparan, dan adaptif terhadap kebutuhan transformasi digital global.

Meskipun menawarkan berbagai keunggulan, implementasi *blockchain* masih menghadapi sejumlah tantangan yang memengaruhi tingkat adopsinya. Permasalahan

skalabilitas, interoperabilitas antarplatform, konsumsi energi pada mekanisme konsensus tertentu, regulasi yang belum seragam, serta keterbatasan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi di bidang blockchain masih menjadi hambatan utama dalam implementasi teknologi ini. Selain itu, integrasi blockchain dengan sistem informasi yang telah ada memerlukan penyesuaian arsitektur, tata kelola, serta kebijakan keamanan agar manfaat teknologi dapat dioptimalkan tanpa mengurangi efisiensi operasional organisasi.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji blockchain dari berbagai perspektif, seperti mekanisme konsensus, keamanan jaringan, *smart contract*, maupun implementasinya pada sektor tertentu, seperti keuangan, kesehatan, atau rantai pasok. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek teknis atau hanya membahas satu bidang implementasi sehingga belum memberikan gambaran yang komprehensif mengenai evolusi blockchain, tantangan implementasi, aspek keamanan, serta penerapannya secara lintas sektor dalam mendukung transformasi arsitektur sistem informasi global.

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya suatu kajian yang mampu mengintegrasikan berbagai hasil penelitian sehingga memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai perkembangan blockchain beserta implikasinya terhadap sistem informasi modern.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis evolusi teknologi blockchain, mengidentifikasi tantangan implementasi, mengevaluasi aspek keamanan, serta mengkaji penerapan blockchain pada berbagai sektor, meliputi keuangan, kesehatan, pendidikan, pemerintahan, rantai pasok, dan *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* untuk menyintesis berbagai temuan penelitian terdahulu sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah berupa pemahaman yang komprehensif mengenai peran blockchain dalam mendukung transformasi arsitektur sistem informasi global, sekaligus menjadi referensi bagi akademisi, praktisi, dan pembuat kebijakan dalam mengembangkan strategi implementasi blockchain yang efektif dan berkelanjutan.

## **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode **literature review** dengan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk menganalisis perkembangan teknologi blockchain dalam mendukung transformasi arsitektur sistem informasi global. Pendekatan ini dipilih karena mampu menyajikan sintesis yang komprehensif terhadap berbagai penelitian terdahulu mengenai evolusi teknologi blockchain, implementasi lintas sektor, aspek keamanan, tantangan penerapan, serta arah pengembangannya. Berbeda dengan penelitian empiris yang menggunakan data primer, penelitian ini memanfaatkan data sekunder berupa publikasi ilmiah sebagai sumber utama analisis.

Sumber data diperoleh dari artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding konferensi, buku ilmiah, laporan penelitian, serta dokumen resmi yang relevan dengan topik penelitian. Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah, yaitu **Google Scholar, IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, ACM Digital Library, Scopus, dan MDPI**. Sebagian besar literatur yang digunakan diterbitkan

pada rentang tahun **2018–2025** untuk menjamin keterbaruan informasi, sedangkan beberapa referensi klasik, seperti Nakamoto (2008), tetap digunakan sebagai landasan teoritis dalam menjelaskan konsep dasar blockchain.

Proses pencarian literatur menggunakan kombinasi kata kunci *Blockchain, Blockchain Technology, Distributed Ledger Technology (DLT), Information System, Digital Transformation, Blockchain Security, Smart Contract, Supply Chain, Healthcare, Electronic Government (E-Government), Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Cloud Computing, dan Big Data*. Literatur yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi, yaitu memiliki relevansi dengan tujuan penelitian, dipublikasikan pada jurnal atau prosiding bereputasi, menjelaskan metode penelitian secara jelas, serta membahas evolusi blockchain, implementasi, keamanan, maupun transformasi sistem informasi. Sebaliknya, publikasi yang tidak relevan, duplikat, atau tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap dikeluarkan dari proses analisis.

Data dikumpulkan melalui studi dokumentasi dengan

mengidentifikasi, mengorganisasi, dan mengelompokkan literatur berdasarkan tema penelitian. Selanjutnya, setiap publikasi dianalisis berdasarkan tujuan penelitian, metode yang digunakan, sektor implementasi, manfaat, tantangan, serta rekomendasi yang dihasilkan. Pengelompokan tersebut meliputi lima tema utama, yaitu (1) evolusi teknologi blockchain, (2) implementasi blockchain pada berbagai sektor, (3) keamanan blockchain, (4) tantangan implementasi, dan (5) integrasi blockchain dengan teknologi digital lainnya.

Analisis data dilakukan secara deskriptif melalui tahapan identifikasi, klasifikasi, komparasi, sintesis, dan interpretasi hasil penelitian terdahulu. Tahap identifikasi bertujuan memperoleh informasi penting dari setiap literatur, sedangkan klasifikasi dilakukan untuk mengelompokkan temuan berdasarkan tema pembahasan. Selanjutnya, analisis komparatif digunakan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan hasil penelitian sehingga diperoleh kecenderungan perkembangan teknologi blockchain. Hasil tersebut kemudian disintesis untuk menghasilkan pemahaman

yang komprehensif mengenai evolusi blockchain, manfaat implementasi, tantangan, serta kontribusinya terhadap transformasi arsitektur sistem informasi global. Tahap akhir berupa interpretasi dilakukan untuk menjelaskan implikasi temuan penelitian dan merumuskan kesimpulan berdasarkan sintesis berbagai literatur yang telah dianalisis.

## **C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

### **1. Evolusi Teknologi Blockchain**

Blockchain merupakan salah satu inovasi penting dalam bidang sistem informasi yang diperkenalkan oleh Satoshi Nakamoto pada tahun 2008 melalui Bitcoin sebagai sistem transaksi digital berbasis *distributed ledger*. Teknologi ini memungkinkan pencatatan transaksi secara terdistribusi tanpa melibatkan pihak ketiga sehingga menghasilkan sistem yang lebih transparan, aman, dan sulit dimanipulasi. Seiring berkembangnya kebutuhan transformasi digital, blockchain tidak lagi hanya dimanfaatkan sebagai infrastruktur cryptocurrency, tetapi telah berkembang menjadi teknologi yang mendukung berbagai sektor.

### **1.1 Blockchain 1.0**

Blockchain 1.0 berfokus pada transaksi aset digital melalui mekanisme *peer-to-peer* menggunakan algoritma konsensus *Proof of Work* (PoW). Setiap transaksi disimpan dalam blok yang saling terhubung menggunakan fungsi hash sehingga menjamin integritas dan keamanan data. Meskipun mampu meningkatkan kepercayaan pengguna, generasi ini masih memiliki keterbatasan berupa kapasitas transaksi yang rendah, waktu konfirmasi yang lama, serta konsumsi energi yang tinggi.

### **1.2 Blockchain 2.0**

Blockchain 2.0 ditandai dengan hadirnya konsep *smart contract* melalui platform Ethereum. Inovasi ini memungkinkan pelaksanaan kontrak digital secara otomatis tanpa perantara sekaligus mendukung pengembangan *Decentralized Applications* (DApps). Teknologi ini mulai diterapkan pada layanan keuangan digital, pengelolaan aset, dan berbagai proses bisnis. Namun demikian, permasalahan skalabilitas dan biaya transaksi masih menjadi tantangan utama.

### **1.3 Blockchain 3.0**

Pada Blockchain 3.0, implementasi teknologi berkembang ke berbagai sektor, seperti kesehatan, pendidikan, pemerintahan, logistik, energi, dan *supply chain*. Blockchain dimanfaatkan untuk meningkatkan keamanan data, transparansi, serta efisiensi pengelolaan informasi. Penerapan pada rekam medis elektronik, identitas digital, hingga pelacakan distribusi barang menunjukkan bahwa blockchain telah menjadi infrastruktur yang mendukung transformasi digital lintas sektor.

### **1.4 Blockchain 4.0**

Blockchain 4.0 mengintegrasikan blockchain dengan teknologi modern seperti *Artificial Intelligence* (AI), *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing*, *Big Data*, dan *Machine Learning*. Integrasi ini menghasilkan sistem informasi yang lebih cerdas, otomatis, dan adaptif. Selain itu, penggunaan mekanisme konsensus yang lebih efisien, seperti *Proof of Stake* (PoS), mampu mengurangi konsumsi energi sekaligus meningkatkan interoperabilitas dan efisiensi transaksi.

Berdasarkan hasil sintesis literatur, evolusi blockchain menunjukkan perubahan dari teknologi pencatatan transaksi menjadi platform strategis yang mendukung transformasi sistem informasi global. Setiap generasi menghadirkan peningkatan pada aspek keamanan, transparansi, efisiensi, dan interoperabilitas. Meskipun demikian, tantangan seperti skalabilitas, regulasi, konsumsi energi, dan kesiapan sumber daya manusia masih perlu mendapat perhatian agar implementasi blockchain dapat berjalan secara optimal.

## **2. Implementasi Blockchain pada Berbagai Sektor**

Perkembangan blockchain menunjukkan bahwa teknologi ini telah diadopsi secara luas pada berbagai sektor karena karakteristiknya yang terdesentralisasi, transparan, aman, dan memiliki integritas data yang tinggi. Melalui mekanisme *distributed ledger*, blockchain mampu meningkatkan efisiensi proses bisnis, keamanan informasi, serta kepercayaan antar pihak dalam pertukaran data.

### **2.1 Sektor Keuangan**

Sektor keuangan merupakan bidang pertama yang mengadopsi blockchain melalui Bitcoin. Saat ini, implementasinya telah berkembang pada layanan *Financial Technology* (FinTech), pembayaran lintas negara, tokenisasi aset, hingga *Decentralized Finance* (DeFi). Blockchain mampu meningkatkan keamanan transaksi, mengurangi risiko manipulasi data, serta menekan biaya operasional karena transaksi dapat dilakukan tanpa perantara. Namun, regulasi, volatilitas aset digital, dan keamanan *smart contract* masih menjadi tantangan.

### **2.2 Sektor Kesehatan**

Dalam bidang kesehatan, blockchain digunakan untuk mengelola rekam medis elektronik secara aman dan terintegrasi. Teknologi ini menyediakan *audit trail* sehingga setiap perubahan data dapat ditelusuri, sekaligus mempermudah pertukaran informasi antar fasilitas kesehatan tanpa mengurangi privasi pasien. Kendala utama implementasi meliputi interoperabilitas sistem, biaya

investasi, dan kepatuhan terhadap regulasi perlindungan data.

### **2.3 Sektor Pemerintahan**

Blockchain mendukung pengembangan *electronic government* (e-government) melalui peningkatan transparansi, akuntabilitas, dan keamanan administrasi publik. Implementasinya meliputi identitas digital, pencatatan kependudukan, sertifikat tanah, pengadaan barang dan jasa, hingga *electronic voting*. Keberhasilan penerapan teknologi ini bergantung pada kesiapan regulasi, infrastruktur, dan kompetensi sumber daya manusia.

### **2.4 Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*)**

Pada sektor *supply chain*, blockchain meningkatkan transparansi dan kemampuan *traceability* mulai dari proses produksi hingga produk diterima konsumen. Teknologi ini membantu mengurangi pemalsuan produk, mempercepat verifikasi dokumen, dan meningkatkan efisiensi logistik. Implementasinya banyak ditemukan pada industri pangan, farmasi, manufaktur, dan perdagangan internasional.

### **2.5 Sektor Pendidikan**

Blockchain dimanfaatkan untuk menyimpan dan memverifikasi dokumen akademik, seperti ijazah, transkrip nilai, dan sertifikat kompetensi. Dokumen yang tersimpan pada blockchain sulit dipalsukan sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap keaslian data akademik. Selain itu, proses verifikasi oleh institusi pendidikan maupun dunia industri menjadi lebih cepat dan efisien.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa blockchain memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan keamanan data, transparansi, integritas informasi, efisiensi operasional, serta kepercayaan antar pemangku kepentingan. Meskipun demikian, keberhasilan implementasinya masih dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur, regulasi, interoperabilitas sistem, konsumsi energi, dan kompetensi sumber daya manusia. Oleh karena itu, kolaborasi antara pemerintah, industri, akademisi, dan pengembang teknologi diperlukan agar potensi blockchain dapat dimanfaatkan secara optimal dalam

mendukung transformasi sistem informasi di berbagai sektor.

Tabel 1 Implementasi Teknologi Blockchain pada Berbagai Sektor

| Sektor       | Implementasi Blockchain                        | Manfaat Utama                                     | Referensi                                       |
|--------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Keuangan     | Pembayaran digital, aset kripto, FinTech, DeFi | Keamanan transaksi, efisiensi biaya, transparansi | Nakamoto (2008); Tapscott & Tapscott (2016)     |
| Kesehatan    | Rekam medis elektronik, pertukaran data pasien | Integritas data, keamanan informasi, audit trail  | Mettler (2016); Rejeb et al. (2021)             |
| Pemerintahan | E-Government, identitas digital, e-voting      | Transparansi, akuntabilitas, efisiensi layanan    | World Economic Forum (2020); Yaga et al. (2019) |
| Supply Chain | Pelacakan distribusi barang, logistik          | Traceability, efisiensi logistik, anti-pemalsuan  | Saberi et al. (2019); Treiblmaier (2018)        |
| Pendidikan   | Verifikasi ijazah dan sertifikat               | Keaslian dokumen, efisiensi administrasi          | Chen (2018); Casino et al. (2019)               |

### 3. Tantangan Implementasi Blockchain

Meskipun blockchain menawarkan keunggulan dalam keamanan, transparansi, dan efisiensi pengelolaan data, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan. Berdasarkan hasil sintesis literatur, tantangan tersebut meliputi aspek teknis, regulasi, ekonomi, dan kesiapan sumber daya manusia. Keberhasilan implementasi blockchain tidak hanya bergantung pada kecanggihan teknologi, tetapi juga pada kesiapan organisasi dan ekosistem digital yang mendukung.

#### 3.1 Skalabilitas Sistem

Salah satu kendala utama blockchain adalah kemampuan jaringan dalam memproses transaksi dalam jumlah besar. Blockchain publik seperti Bitcoin dan Ethereum generasi awal masih memiliki kapasitas transaksi yang terbatas sehingga waktu konfirmasi dan biaya transaksi

meningkat ketika aktivitas jaringan tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut, berbagai inovasi seperti *Layer-2 Scaling*, *Sharding*, dan mekanisme konsensus yang lebih efisien terus dikembangkan guna meningkatkan kapasitas jaringan tanpa mengurangi keamanan.

#### 3.2 Interoperabilitas Antar Sistem

Masalah interoperabilitas muncul karena berbagai platform blockchain belum mampu saling bertukar data secara optimal. Kondisi ini menyulitkan integrasi blockchain dengan sistem informasi yang telah digunakan organisasi. Oleh karena itu, pengembangan *Cross-Chain Technology*, *Blockchain Bridge*, dan standar interoperabilitas menjadi solusi untuk mendukung pertukaran data yang aman antarjaringan blockchain.

#### 3.3 Keamanan dan Privasi Data

Walaupun memiliki tingkat keamanan tinggi, blockchain tetap menghadapi risiko seperti kelemahan *smart contract*, kesalahan konfigurasi, dan serangan terhadap aplikasi yang dibangun di atasnya. Selain itu, sifat transparan blockchain menimbulkan tantangan dalam menjaga kerahasiaan data, terutama pada sektor kesehatan, pemerintahan, dan

keuangan. Penggunaan *Zero-Knowledge Proof* (ZKP), kriptografi lanjutan, dan mekanisme kontrol akses menjadi alternatif untuk meningkatkan perlindungan data.

### **3.4 Regulasi dan Aspek Hukum**

Perkembangan blockchain yang lebih cepat dibandingkan regulasi menyebabkan masih banyak negara belum memiliki kebijakan yang jelas mengenai penggunaan blockchain maupun aset digital. Ketidakpastian hukum menjadi hambatan bagi organisasi dalam mengadopsi teknologi ini, terutama pada transaksi lintas negara. Oleh karena itu, diperlukan kolaborasi antara pemerintah, akademisi, dan industri dalam menyusun regulasi yang adaptif serta tetap menjamin keamanan dan perlindungan pengguna.

### **3.5 Konsumsi Energi**

Penggunaan algoritma *Proof of Work* (PoW) membutuhkan energi yang besar sehingga menimbulkan kekhawatiran terhadap dampak lingkungan. Sebagai solusi, berbagai platform mulai beralih ke algoritma yang lebih hemat energi seperti *Proof of Stake* (PoS) dan *Delegated Proof of Stake* (DPoS), yang mampu

meningkatkan efisiensi tanpa mengurangi keamanan jaringan.

### **3.6 Kesiapan Sumber Daya Manusia**

Keberhasilan implementasi blockchain juga dipengaruhi oleh ketersediaan tenaga ahli di bidang kriptografi, keamanan informasi, *smart contract*, dan sistem terdistribusi. Keterbatasan kompetensi tersebut masih menjadi kendala bagi banyak organisasi. Oleh sebab itu, pendidikan, pelatihan, sertifikasi, dan kolaborasi antara perguruan tinggi dengan industri diperlukan untuk menghasilkan sumber daya manusia yang kompeten.

Berdasarkan hasil kajian, tantangan implementasi blockchain tidak hanya berasal dari aspek teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh regulasi, infrastruktur, dan kesiapan organisasi. Meskipun demikian, berbagai inovasi seperti *cross-chain*, mekanisme konsensus yang lebih efisien, peningkatan keamanan *smart contract*, serta penyusunan regulasi yang lebih adaptif diperkirakan akan mempercepat adopsi blockchain di berbagai sektor.

## **4. Analisis Keamanan Blockchain**

Keamanan merupakan salah satu keunggulan utama blockchain. Berbeda dengan sistem informasi

konvensional yang menggunakan basis data terpusat, blockchain menerapkan *distributed ledger* sehingga data tersimpan pada banyak node dan tidak bergantung pada satu server. Arsitektur ini mengurangi risiko *single point of failure* sekaligus meningkatkan integritas dan ketersediaan data.

#### **4.1 Kriptografi sebagai Fondasi Keamanan**

Blockchain memanfaatkan pasangan *public key* dan *private key* untuk mengamankan transaksi melalui tanda tangan digital (*digital signature*). Selain itu, fungsi hash kriptografi seperti SHA-256 digunakan untuk menghasilkan identitas unik setiap blok. Perubahan sekecil apa pun pada data akan menghasilkan nilai hash yang berbeda sehingga manipulasi dapat segera terdeteksi.

#### **4.2 Mekanisme Konsensus**

Mekanisme konsensus berfungsi memvalidasi transaksi sebelum ditambahkan ke blockchain sehingga mencegah transaksi palsu maupun *double spending*. Algoritma yang umum digunakan meliputi *Proof of Work* (PoW), *Proof of Stake* (PoS), *Delegated Proof of Stake* (DPoS), dan *Practical Byzantine Fault Tolerance* (PBFT). PoW menawarkan keamanan

tinggi, sedangkan PoS lebih efisien dari sisi energi dan kecepatan sehingga semakin banyak digunakan pada blockchain modern.

Walaupun memiliki tingkat keamanan yang tinggi, blockchain tetap menghadapi ancaman seperti *51% Attack*, pencurian *private key*, kerentanan *smart contract*, serta serangan terhadap *decentralized applications* (DApps). Namun, hasil kajian menunjukkan bahwa sebagian besar ancaman tersebut disebabkan oleh kesalahan implementasi, konfigurasi sistem, atau rendahnya kesadaran pengguna, bukan oleh teknologi blockchain itu sendiri.

#### **5. Transformasi Blockchain dalam Arsitektur Sistem Informasi Global**

Transformasi digital mendorong organisasi mengembangkan sistem informasi yang lebih aman, transparan, dan efisien. Blockchain menghadirkan paradigma baru melalui arsitektur terdistribusi yang mengurangi ketergantungan pada pusat data serta meningkatkan keandalan dan integritas informasi. Dibandingkan sistem terpusat, blockchain lebih tangguh terhadap kegagalan sistem dan mendukung pertukaran data secara real-time.

### **5.1 Perubahan Paradigma Pengelolaan Data**

Blockchain mengubah proses pengelolaan data dari model yang bergantung pada otoritas pusat menjadi mekanisme validasi kolektif melalui konsensus. Selain meningkatkan transparansi, karakteristik *immutability* memastikan bahwa data yang telah tersimpan tidak dapat diubah secara sepihak sehingga sangat sesuai untuk sektor yang membutuhkan tingkat keamanan tinggi.

### **5.2 Integrasi dengan Teknologi Digital**

Perkembangan Blockchain 4.0 ditandai dengan integrasi bersama *Artificial Intelligence (AI)*, *Internet of Things (IoT)*, *Cloud Computing*, *Big Data*, dan *Machine Learning*. Integrasi ini menghasilkan sistem informasi yang lebih cerdas, otomatis, dan mampu mengelola data dalam jumlah besar secara aman serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

### **5.3 Dampak terhadap Organisasi**

Implementasi blockchain membantu organisasi meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat pertukaran informasi, memperkuat transparansi, dan mengurangi proses administrasi

manual. Pada sektor industri, blockchain meningkatkan efisiensi rantai pasok dan pengelolaan aset digital, sedangkan pada sektor publik mendukung layanan pemerintahan yang lebih transparan dan akuntabel.

### **5.4 Prospek Pengembangan Blockchain**

Prospek blockchain diperkirakan terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan akan sistem informasi yang aman dan terintegrasi. Inovasi pada aspek skalabilitas, interoperabilitas, efisiensi energi, serta perlindungan privasi akan semakin memperluas penerapan blockchain. Selain itu, perkembangan *Central Bank Digital Currency (CBDC)*, *Decentralized Finance (DeFi)*, *Non-Fungible Token (NFT)*, dan identitas digital berbasis blockchain menunjukkan bahwa teknologi ini akan menjadi salah satu fondasi utama ekosistem digital di masa depan.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa blockchain telah berevolusi dari teknologi pendukung cryptocurrency menjadi platform strategis dalam transformasi arsitektur sistem informasi global. Dengan karakteristik yang aman, transparan, terdesentralisasi, dan mudah diintegrasikan dengan teknologi digital

lainnya, blockchain memiliki potensi besar untuk mendukung pengembangan sistem informasi pada era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0.

#### **D. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil sintesis dan analisis terhadap berbagai literatur, dapat disimpulkan bahwa teknologi blockchain telah mengalami evolusi yang signifikan sejak diperkenalkan sebagai teknologi pendukung cryptocurrency hingga berkembang menjadi salah satu fondasi utama dalam transformasi arsitektur sistem informasi global. Perkembangan blockchain dari Blockchain 1.0, Blockchain 2.0, Blockchain 3.0, hingga Blockchain 4.0 menunjukkan adanya peningkatan fungsi, tidak hanya sebagai media transaksi digital, tetapi juga sebagai platform yang mampu mendukung otomatisasi proses bisnis, pengelolaan data terdistribusi, serta integrasi dengan berbagai teknologi modern seperti Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), Cloud Computing, dan Big Data Analytics.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi blockchain telah diterapkan pada berbagai sektor,

seperti keuangan, kesehatan, pemerintahan, pendidikan, dan manajemen rantai pasok. Penerapan tersebut memberikan berbagai manfaat, antara lain meningkatkan transparansi, menjaga integritas data, memperkuat keamanan informasi, mempercepat proses bisnis, serta meningkatkan efisiensi operasional organisasi. Karakteristik blockchain yang bersifat terdesentralisasi dan memiliki mekanisme validasi berbasis konsensus menjadikan teknologi ini mampu membangun tingkat kepercayaan yang lebih tinggi dibandingkan sistem informasi konvensional.

Meskipun demikian, hasil kajian juga menunjukkan bahwa implementasi blockchain masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti keterbatasan skalabilitas jaringan, interoperabilitas antarplatform, kebutuhan konsumsi energi pada beberapa mekanisme konsensus, ketidakpastian regulasi, serta keterbatasan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi di bidang blockchain. Tantangan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi blockchain tidak hanya bergantung pada perkembangan teknologi, tetapi juga

memerlukan dukungan kebijakan, kesiapan organisasi, investasi infrastruktur, serta peningkatan kompetensi sumber daya manusia.

Dari aspek keamanan, blockchain menawarkan tingkat perlindungan data yang tinggi melalui penerapan kriptografi, mekanisme konsensus, serta sistem pencatatan terdistribusi yang mampu menjaga integritas dan keaslian informasi. Namun demikian, berbagai ancaman seperti kerentanan pada *smart contract*, pencurian *private key*, maupun serangan terhadap aplikasi pendukung tetap memerlukan perhatian melalui penerapan tata kelola keamanan informasi yang baik serta evaluasi keamanan secara berkala.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa blockchain memiliki peran strategis dalam mendukung transformasi sistem informasi global. Dengan kemampuannya dalam meningkatkan keamanan, transparansi, efisiensi, dan keandalan pengelolaan data, blockchain diperkirakan akan terus menjadi salah satu teknologi utama yang mendorong inovasi digital pada berbagai sektor. Oleh karena itu, pengembangan blockchain di masa

mendatang perlu diarahkan pada peningkatan interoperabilitas, efisiensi energi, penguatan regulasi, serta integrasi dengan teknologi digital lainnya agar implementasinya dapat memberikan manfaat yang lebih optimal bagi organisasi maupun masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alharby, M., & van Moorsel, A. (2017). *Blockchain-based smart contracts: A systematic mapping study*. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 9(2), 125–140.
- Aste, T., Tasca, P., & Di Matteo, T. (2017). Blockchain technologies: The foreseeable impact on society and industry. *Computer*, 50(9), 18–28. <https://doi.org/10.1109/MC.2017.3571064>
- Atlam, H. F., Alenezi, A., Alassafi, M. O., & Wills, G. B. (2018). Blockchain with Internet of Things: Benefits, challenges, and future directions. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 10(6), 40–48. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2018.06.05>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, 36, 55–81. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>

- Chen, Y. (2018). Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation. *Business Horizons*, 61(4), 567–575. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.006>
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2, 6–19.
- Dinh, T. T. A., Wang, J., Chen, G., Liu, R., Ooi, B. C., & Tan, K. L. (2018). BLOCKBENCH: A framework for analyzing private blockchains. In *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Management of Data* (pp. 1085–1100).
- Ethereum Foundation. (2023). *Ethereum Whitepaper*. <https://ethereum.org>
- Fernando, Y., Rozuar, N. H. M., & Mergeresa, F. (2021). Blockchain-enabled technology and carbon performance. *Sustainability*, 13(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13020812>
- Kshetri, N. (2018). Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy. *Telecommunications Policy*, 42(4), 303–314. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.09.003>
- Mettler, M. (2016). Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here. In *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services* (pp. 1–3). IEEE. <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2016.7749510>
- Mohanta, B. K., Jena, D., Ramasubbareddy, S., Daneshmand, M., & Gandomi, A. H. (2021). Addressing security and privacy issues of IoT using blockchain technology. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(2), 881–888. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3008906>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), 183–187. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3>
- Rejeb, A., Keogh, J. G., Zailani, S., Treiblmaier, H., & Rejeb, K. (2021). Blockchain technology in healthcare: A systematic review and future research directions. *Healthcare*, 9(9), 1211. <https://doi.org/10.3390/healthcare9091211>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117–2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How*

- the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies Is Changing Money, Business, and the World.* Penguin Random House.
- Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action. *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(6), 545–559.  
<https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029>
- Upadhyay, N. (2020). Demystifying blockchain: A critical analysis of challenges, applications, and opportunities. *International Journal of Information Management*, 54, 102120.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102120>
- Viriyasitavat, W., & Hoonsoopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32–39.  
<https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.07.004>
- Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62–84.  
<https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0148>
- World Economic Forum. (2020). *Redesigning Trust: Blockchain Deployment Toolkit*. Geneva: World Economic Forum.
- Xu, M., Chen, X., & Kou, G. (2019). A systematic review of blockchain. *Financial Innovation*, 5(27), 1–14.  
<https://doi.org/10.1186/s40854-019-0147-z>
- Xu, X., Weber, I., & Staples, M. (2019). *Architecture for Blockchain Applications*. Springer.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-03035-3>
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). *Blockchain Technology Overview (NISTIR 8202)*. National Institute of Standards and Technology.  
<https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In *Proceedings of the IEEE International Congress on Big Data* (pp. 557–564).  
<https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352–375.  
<https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647>
- Zyskind, G., Nathan, O., & Pentland, A. (2015). Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data. In *2015 IEEE Security and Privacy Workshops* (pp. 180–184).  
<https://doi.org/10.1109/SPW.2015.27>