

## PEMANFAATAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DALAM SISTEM MANAJEMEN AKADEMIK PADA PERGURUAN TINGGI

Wahyudi<sup>1</sup>, Rayhan Zahwan Saleh<sup>2</sup>, Irfan Darmawan<sup>3</sup>

Program Studi Magister Sistem Informasi Fakultas Rekayasa Industri Universitas Telkom

Email : yudiwahyudi@student.telkomuniversity.ac.id

---

### **Abstract**

*The utilization of blockchain technology in university academic management systems represents an innovative solution to address challenges in academic data management. Traditional systems often face issues such as data manipulation, inaccuracies, and time-consuming verification processes. Blockchain, with its decentralized, secure, and immutable nature, offers the ability to enhance security, transparency, and efficiency. This study aims to evaluate the effectiveness of blockchain technology implementation in academic management, particularly in improving data integrity, expediting certificate verification, and facilitating the transparency of academic information management. The research methodology involves a systematic literature review, analyzing relevant previous case studies. This study also identifies challenges such as the need for adequate technical infrastructure, high costs, and regulatory frameworks that are not yet fully supportive. To address these barriers, implementation guidelines are formulated, including technical steps and policies that can be adopted by universities. The results of the study show that blockchain significantly enhances academic data integrity by providing a transparent and tamper-resistant digital record. Verification processes for diplomas and certificates, which were previously time-consuming, can now be performed instantly through blockchain. Additionally, the findings provide a model for a blockchain-based academic management system adaptable to higher education institutions. The study also generates policy recommendations for governments and universities to support widespread blockchain adoption.*

**Keywords:** Blockchain, Academic Data, Security, Transparency, Integrity

### **Abstrak**

Pemanfaatan teknologi blockchain dalam sistem manajemen akademik universitas menjadi solusi inovatif untuk mengatasi tantangan dalam pengelolaan data akademik. Sistem tradisional sering menghadapi isu seperti manipulasi data, ketidakakuratan informasi, dan proses verifikasi yang lambat. Blockchain, dengan sifatnya yang desentralisasi, aman, dan tidak dapat diubah, menawarkan kemampuan untuk meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas implementasi teknologi blockchain dalam manajemen akademik, khususnya dalam meningkatkan integritas data, mempercepat verifikasi sertifikat, dan memfasilitasi transparansi pengelolaan informasi akademik. Metodologi penelitian melibatkan pendekatan literatur sistematis dengan menganalisis studi kasus sebelumnya yang relevan. Penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan, seperti kebutuhan infrastruktur teknis yang memadai, biaya tinggi, serta regulasi yang belum sepenuhnya mendukung. Untuk mengatasi hambatan ini, dirumuskan panduan implementasi yang meliputi langkah teknis dan kebijakan yang dapat diadopsi oleh perguruan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa blockchain secara signifikan dapat meningkatkan integritas data akademik dengan menyediakan rekam jejak digital yang transparan dan tahan gangguan. Proses verifikasi ijazah dan sertifikat yang sebelumnya memakan waktu kini dapat dilakukan secara instan melalui blockchain. Selain itu, hasil penelitian memberikan model sistem manajemen akademik berbasis blockchain yang dapat diadaptasi oleh institusi pendidikan tinggi. Penelitian ini juga menghasilkan rekomendasi kebijakan untuk perguruan tinggi guna mendukung adopsi blockchain secara luas.

**Kata Kunci:** Blockchain, Data Akademik, Keamanan, Transparansi, Integritas

---

### **Article History :**

Received : 11 Desember 2024

Revised : 6 Januari 2025

Accepted : 16 Januari 2025

### **Corresponding Author:**

Nama Penulis : Wahyudi  
Departemen : Fakultas Rekayasa Industri  
Instansi : Universitas Telkom,  
Alamat. : Jl. Telekomunikasi No. 1, Bandung Terusan Buahbatu – Bandung 40257  
Email Penulis : [yudiwahyudi@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:yudiwahyudi@student.telkomuniversity.ac.id) and [wahyudi008@gmail.com](mailto:wahyudi008@gmail.com)

---

## 1. Pendahuluan

Dalam era digital, institusi pendidikan menghadapi tantangan dalam mengelola data akademik secara aman, transparan, dan efisien. Teknologi blockchain menawarkan solusi yang relevan untuk memenuhi kebutuhan ini. Blockchain dapat memberikan manfaat seperti keamanan data, transparansi proses, dan efisiensi operasional dalam pengelolaan sistem manajemen akademik di perguruan tinggi. Sistem manajemen akademik di perguruan tinggi sering kali menghadapi tantangan seperti manipulasi data, ketidakakuratan informasi, dan proses verifikasi yang lambat. Permasalahan ini dapat menghambat kualitas dan integritas pendidikan tinggi.

Blockchain, dengan sifatnya yang desentralisasi dan tidak dapat diubah, dapat memberikan solusi yang efektif untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Teknologi ini memungkinkan penyimpanan data yang aman dan transparan, serta mempercepat proses verifikasi ijazah dan sertifikat akademik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan teknologi blockchain dalam sistem manajemen akademik di perguruan tinggi, dengan fokus pada peningkatan integritas data, efisiensi proses, dan transparansi informasi.

Penelitian mengenai pemanfaatan teknologi blockchain dalam pendidikan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian yang dilakukan di salah satu perguruan tinggi di Banten mengidentifikasi faktor-faktor

kesiapan adopsi teknologi blockchain di perguruan tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa dukungan manajemen dan pemahaman teknologi adalah kunci suksesnya adopsi blockchain [1].

Dipenelitian yang lain penggunaan blockchain dalam bidang pendidikan dan menemukan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan keamanan dan efisiensi dalam manajemen sertifikat dan identitas akademik [2]. Menyoroti pentingnya blockchain dalam pengembangan edukasi, terutama dalam verifikasi dan perlindungan hak kekayaan intelektual [3]. Blockchain dapat meningkatkan transparansi dan keamanan data akademik, serta memfasilitasi kolaborasi antar institusi pendidikan [4]. Blockchain dapat digunakan untuk mengatasi masalah pemalsuan dokumen akademik dan meningkatkan efisiensi operasional [5].

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan holistik yang digunakan untuk mengevaluasi implementasi blockchain dalam sistem manajemen akademik di perguruan tinggi. Penelitian ini tidak hanya akan mengkaji aspek teknis, tetapi juga aspek manajerial dan kebijakan yang diperlukan untuk mendukung adopsi teknologi ini. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan kualitas dan integritas sistem manajemen akademik di perguruan tinggi..

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 *Blockchain*

*Blockchain* merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi secara aman. *Blockchain* adalah teknologi yang membentuk basis dari *Bitcoin* dan memungkinkan untuk melakukan transaksi peer-to-peer tanpa perantara [6]. Ini merupakan buku besar (*ledger*) digital yang terdistribusi dan tidak dapat diubah, dengan setiap blok mengandung catatan transaksi dan terhubung satu sama lain secara kriptografis. *Blockchain* adalah teknologi yang menciptakan transparansi dan keamanan dalam transaksi digital. Sistem ini memungkinkan dua pihak untuk melakukan transaksi langsung tanpa perantara, berfungsi sebagai basis untuk inovasi dan pengembangan berbagai aplikasi baru dalam sektor industri [7]. *Blockchain* adalah teknologi yang mengatur dan menyimpan data dalam struktur yang tersambung secara kriptografis, memberikan rekaman yang aman, transparan, dan tidak dapat diubah dari transaksi. Teknologi ini dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi mulai dari cryptocurrency hingga rantai pasokan [8].

### 2.2 Teknologi *Blockchain*: Prinsip dan Karakteristik

*Blockchain* adalah teknologi berbasis buku besar terdistribusi yang memungkinkan transaksi dicatat secara permanen, aman, dan transparan dalam jaringan yang saling terhubung tanpa memerlukan otoritas pusat [6]. Tiga karakteristik utama *blockchain* adalah desentralisasi, transparansi, dan imutabilitas, yang menjadi pilar utama dalam penerapan teknologi ini. *Blockchain* merupakan teknologi yang memungkinkan data dicatat secara terdistribusi dengan keamanan yang tinggi, menjadikannya

relevan untuk aplikasi dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan [9]. Pilkington (2016) menyatakan bahwa prinsip-prinsip utama *blockchain*, seperti desentralisasi dan transparansi, dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem administrasi, termasuk dalam pengelolaan data akademik di perguruan tinggi [10]. *Blockchain* untuk menghadirkan interoperabilitas dan keamanan, meskipun tantangan seperti skalabilitas dan kompleksitas teknologi perlu diatasi agar implementasi di sektor pendidikan dapat berhasil [11].

### 2.3. Desentralisasi

Desentralisasi mengacu pada distribusi data di berbagai node dalam jaringan tanpa memerlukan otoritas tunggal untuk mengelola sistem [7]. Hal ini memungkinkan universitas untuk mengelola data akademik tanpa ketergantungan pada satu server pusat, mengurangi risiko single point of failure. Desentralisasi dalam *blockchain* memungkinkan pengelolaan data tanpa memerlukan otoritas pusat, sehingga meningkatkan kepercayaan antar pihak yang berinteraksi dalam jaringan [12]. Desentralisasi dalam *blockchain* tidak hanya meningkatkan ketahanan terhadap serangan, tetapi juga memastikan integritas data dalam jaringan [13]. Selain itu, Buterin (2013) dalam *whitepaper Ethereum* menegaskan bahwa desentralisasi merupakan inti dari *blockchain*, memungkinkan pengembangan aplikasi yang lebih aman dan tahan terhadap kegagalan sistem terpusat [14].

### 2.4. Transparansi

Setiap transaksi yang tercatat di *blockchain* dapat diakses oleh pihak yang memiliki izin, sehingga menciptakan sistem yang lebih transparan [15]. Dalam konteks universitas, transparansi ini memungkinkan validasi data akademik, seperti sertifikasi

ijazah dan transkrip nilai, tanpa manipulasi pihak ketiga. Menurut Pilkington (2016) dalam artikelnya *Blockchain Technology: Principles and Applications* menjelaskan bahwa transparansi *blockchain* memungkinkan semua pihak dalam jaringan untuk mengakses informasi transaksi secara terbuka, sehingga meminimalkan risiko manipulasi data [10]. Transparansi *blockchain* meningkatkan akuntabilitas dalam berbagai sistem, termasuk sektor keuangan dan pendidikan, dengan memastikan bahwa semua perubahan data dapat dilacak [16]. Dalam penelitian lain menegaskan bahwa transparansi pada *blockchain* memainkan peran penting dalam membangun kepercayaan di antara pengguna karena semua data yang dicatat dapat diaudit tanpa risiko pemalsuan [17].

## 2.5. Imutabilitas

Data yang telah dicatat di *blockchain* tidak dapat diubah atau dihapus tanpa *consensus* dari semua pihak dalam jaringan. Imutabilitas ini memberikan keamanan tambahan, terutama dalam pencegahan pemalsuan dokumen akademik [18]. Imutabilitas merupakan salah satu fitur utama *blockchain* yang menjadikannya solusi unggul untuk pengelolaan data yang aman. Dalam artikel *What is blockchain? The most disruptive tech in decades* menyatakan bahwa imutabilitas pada *blockchain* memastikan bahwa data yang telah dicatat tidak dapat diubah, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan keandalan tinggi, seperti sertifikasi akademik [19]. Selain itu, Xie et al. (2019) dalam penelitian *A Survey on the Scalability of Blockchain Systems* mengungkapkan bahwa imutabilitas dalam *blockchain* dicapai melalui mekanisme konsensus yang kuat, seperti *proof-of-work* atau *proof-of-stake*, yang mencegah manipulasi data oleh pihak

tidak bertanggung jawab [20]. Selanjutnya, dalam sebuah artikel berjudul *A Systematic Literature Review of Blockchain-Based Applications: Current Status, Classification and Open Issues* menunjukkan bahwa imutabilitas *blockchain* meningkatkan kepercayaan dalam berbagai aplikasi, termasuk di bidang pendidikan, dengan memberikan jaminan bahwa data yang disimpan bersifat permanen dan aman dari perubahan yang tidak sah [21].

## 2.6. Keamanan

*Blockchain* menggunakan fungsi hash kriptografis dan tanda tangan digital untuk menjaga integritas data. Setiap blok di dalam rantai memiliki *hash* unik, dan perubahan pada data akan menghasilkan *hash* yang berbeda, sehingga memudahkan deteksi manipulasi. Teknologi ini membuat data dalam *blockchain* hampir mustahil diubah setelah tercatat, memberikan tingkat keamanan yang tinggi untuk berbagai aplikasi, termasuk layanan keuangan dan rantai pasok. [22][24].

Keamanan *blockchain* tidak hanya bergantung pada aspek teknis, tetapi juga langkah operasional seperti audit rutin dan perlindungan infrastruktur jaringan. Namun, tantangan seperti konsumsi energi tinggi (dalam mekanisme PoW), skalabilitas, dan kebutuhan untuk memenuhi regulasi tetap menjadi perhatian utama dalam penerapan *blockchain* [22][24]. Dengan kombinasi inovasi seperti kriptografi canggih dan struktur desentralisasi, *blockchain* telah membuktikan dirinya sebagai teknologi yang dapat diandalkan untuk menjaga keamanan dan integritas data.

## 2.7. Mekanisme Konsensus untuk Integritas:

Keberadaan mekanisme konsensus, seperti *Proof of Work* (PoW) atau *Proof of Stake* (PoS), adalah kunci untuk

memastikan integritas data dalam blockchain. Mekanisme ini memungkinkan semua node dalam jaringan untuk menyetujui transaksi yang valid sebelum ditambahkan ke dalam blok, sehingga hanya transaksi yang sah yang mendapatkan persetujuan dan dicatat dalam buku besar. Ini melindungi jaringan dari serangan dan manipulasi oleh pihak yang tidak berwenang. [22][25].

### 3. Metode

Penelitian mengenai pemanfaatan teknologi *blockchain* dalam sistem manajemen akademik di perguruan tinggi mengadopsi metode penelitian deskriptif-kualitatif dengan pendekatan studi literatur yang mendalam. Metode ini bertujuan untuk menganalisis dan menginterpretasi penerapan *blockchain* dalam konteks pendidikan berdasarkan berbagai referensi yang ada, serta mengidentifikasi potensi, tantangan, dan keuntungan yang dapat diperoleh dari teknologi ini. Pendekatan studi literatur ini melibatkan pengumpulan data dan informasi dari berbagai artikel, jurnal, buku, dan laporan terkait *blockchain* dalam sektor pendidikan, yang kemudian dianalisis untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai penerapannya.

#### 3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara meninjau berbagai literatur yang relevan mengenai implementasi *blockchain* dalam sistem manajemen akademik. Beberapa referensi utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah Tapscott dan Tapscott (2016) dalam *Blockchain Revolution*, yang menjelaskan dasar-dasar teknologi *blockchain* serta aplikasi potensialnya dalam sektor pendidikan [7]. Selain itu, artikel dari Pilkington (2016) dalam *Blockchain Technology: Principles and*

*Applications* [10] dan Grech dan Camilleri (2017) dalam *Blockchain in Education* turut menjadi acuan utama dalam menjelaskan bagaimana *blockchain* dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam pengelolaan data akademik [25].

#### 3.2. Analisis Kualitatif

Metode analisis kualitatif digunakan untuk memahami dan menganalisis bagaimana *blockchain* dapat diterapkan dalam konteks manajemen akademik di universitas. Dengan pendekatan ini, data yang telah dikumpulkan akan dianalisis berdasarkan tema-tema yang muncul dari berbagai sumber literatur. Sebagai contoh, Yaga et al. (2018) dalam *Blockchain Technology Overview* mengidentifikasi tantangan skalabilitas dan privasi data yang menjadi pertimbangan penting dalam penerapan *blockchain* di sektor pendidikan [11]. Artikel ini menjadi acuan dalam menganalisis tantangan implementasi yang dihadapi oleh perguruan tinggi dalam menerapkan teknologi *blockchain* pada sistem manajemen akademik.

#### 3.3. Pemilihan Referensi

Referensi yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan relevansi topik yang dibahas dengan tema utama penelitian, yaitu pemanfaatan *blockchain* dalam sistem manajemen akademik di perguruan tinggi. Beberapa artikel lainnya, seperti Dierksmeier dan Pohl (2018) dalam *The Ethics of Blockchain in Education*, memberikan wawasan terkait dengan isu-isu etika yang muncul seiring dengan penggunaan teknologi ini, khususnya dalam hal perlindungan data pribadi mahasiswa dan aspek hak untuk dilupakan (*right to be forgotten*) [26]. Selain itu, Turkanović et al. (2018) dalam *EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform* mengembangkan platform berbasis

*blockchain* untuk pelacakan kredit akademik, yang juga dianalisis untuk menilai potensi aplikasi *blockchain* dalam manajemen akademik perguruan tinggi [27].

### 3.4. Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan dari literatur akan dianalisis secara kualitatif dengan teknik *content analysis* untuk mengidentifikasi tren utama dan aplikasi *blockchain* yang relevan dengan sistem manajemen akademik. Analisis ini juga akan memperhitungkan faktor-faktor seperti efisiensi operasional, keamanan data, dan transparansi dalam pengelolaan data mahasiswa. Sebagai contoh, artikel dari Chen et al. (2018) dalam *Exploring Blockchain Technology and Its Potential Applications for Education* akan digunakan untuk menggali potensi *blockchain* dalam pelacakan aktivitas pembelajaran mahasiswa secara real-time, yang dapat memperbaiki proses pembelajaran dan evaluasi di perguruan tinggi [28].

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Analisis

Penelitian mengenai pemanfaatan teknologi *blockchain* dalam sistem manajemen akademik di perguruan tinggi menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keamanan, dan transparansi dalam pengelolaan data akademik. *Blockchain*, sebagai teknologi terdesentralisasi, menawarkan beberapa keunggulan utama, seperti imutabilitas data, keamanan yang lebih tinggi, dan transparansi dalam pencatatan transaksi [10]. Dalam konteks akademik, *blockchain* dapat digunakan untuk memverifikasi sertifikat, melacak proses pembelajaran, dan mengelola data mahasiswa secara efisien [25]. Salah satu implementasi yang signifikan adalah verifikasi sertifikat akademik, yang dapat meminimalisir

potensi pemalsuan dan memungkinkan verifikasi *real-time* yang lebih cepat dan aman [29].

Namun, penerapan teknologi ini juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satu kendala utama adalah masalah skalabilitas, mengingat perguruan tinggi dengan jumlah data besar akan membutuhkan solusi yang dapat menangani *volume* transaksi yang tinggi [11]. Selain itu, tantangan terkait privasi data dan perlindungan informasi sensitif mahasiswa menjadi isu yang harus ditangani dengan serius. *Blockchain* yang transparan dan terbuka memerlukan penyesuaian dalam hal perlindungan data pribadi mahasiswa, terutama dalam konteks kebijakan privasi yang lebih ketat [30].

### 4.2 Pembahasan

Pemanfaatan *blockchain* dalam sistem manajemen akademik membawa sejumlah manfaat. Salah satunya adalah transparansi yang ditawarkan oleh *blockchain*. Dengan pencatatan data yang tidak dapat diubah (*immutability*) dan terdesentralisasi, pihak-pihak terkait, seperti mahasiswa, universitas, dan pemberi kerja, dapat dengan mudah memverifikasi informasi akademik tanpa adanya kekhawatiran akan pemalsuan atau manipulasi data [6]. Implementasi ini juga dapat meningkatkan efisiensi operasional di perguruan tinggi, mengurangi biaya administrasi, serta mempercepat proses pendaftaran dan verifikasi sertifikat [10].

*Blockchain* juga memungkinkan pelacakan progres akademik mahasiswa secara *real-time*, memberikan gambaran yang jelas tentang pencapaian mereka selama studi. Ini dapat digunakan untuk mencatat hasil ujian, tugas, kehadiran, serta aktivitas ekstrakurikuler, yang semuanya dapat diakses dengan izin yang jelas [25]. Selain itu, penggunaan *smart contracts* pada *blockchain* untuk otomatisasi proses

administrasi akan mengurangi beban administrasi manual dan mempercepat berbagai prosedur akademik [31].

Namun, tantangan dalam implementasi teknologi ini juga tidak bisa diabaikan. Salah satunya adalah masalah skalabilitas yang dihadapi oleh *blockchain*, terutama dalam menangani data besar yang dihasilkan oleh perguruan tinggi dengan ribuan mahasiswa [11]. Selain itu, masalah privasi data menjadi isu penting, mengingat data akademik mahasiswa yang bersifat sensitif memerlukan perlindungan yang lebih ketat. Hal ini menuntut adanya pengembangan lebih lanjut dalam hal enkripsi dan kontrol akses dalam *blockchain* [26].

## 5. Penutup

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *blockchain* memiliki potensi yang sangat besar untuk meningkatkan sistem manajemen akademik di perguruan tinggi. Keunggulannya dalam hal transparansi, keamanan, dan efisiensi operasional memberikan manfaat nyata dalam pengelolaan data akademik, seperti verifikasi sertifikat dan pelacakan proses pembelajaran mahasiswa. Meskipun demikian, penerapan *blockchain* dalam konteks pendidikan menghadapi tantangan yang signifikan, terutama terkait dengan skalabilitas, privasi data, dan perlindungan informasi sensitif mahasiswa. Untuk itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan solusi yang dapat mengatasi kendala-kendala tersebut.

Untuk lebih meningkatkan penggunaan *blockchain*, berikut beberapa saran untuk implementasi *blockchain* di perguruan tinggi adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Infrastruktur Teknologi: Perguruan tinggi perlu berinvestasi dalam infrastruktur teknologi yang dapat mendukung

skalabilitas *blockchain*. Ini termasuk peningkatan kapasitas server dan penggunaan solusi *blockchain* yang lebih efisien dalam menangani data besar.

2. Peningkatan Kebijakan Privasi Data: Untuk mengatasi tantangan terkait privasi, perguruan tinggi perlu merumuskan kebijakan yang jelas mengenai perlindungan data mahasiswa, termasuk enkripsi dan kontrol akses yang lebih ketat dalam *platform blockchain*.
3. Pelatihan dan Pendidikan: Diperlukan pelatihan bagi staf perguruan tinggi dan mahasiswa untuk memahami dan mengimplementasikan teknologi *blockchain* dengan benar. Program pendidikan yang menjelaskan manfaat dan potensi *blockchain* dalam pendidikan akan membantu mempercepat adopsi teknologi ini.
4. Kolaborasi dengan Pihak Ketiga: Perguruan tinggi dapat bekerja sama dengan penyedia teknologi *blockchain* atau lembaga terkait untuk mengembangkan solusi yang dapat mengatasi tantangan skalabilitas dan privasi, serta menjamin implementasi yang sukses.

## Daftar Pustaka

- [1] A. Bahauddin, P. F. Ferdinant, dan A. Fatmawati, "Strategi adopsi teknologi blockchain di perguruan tinggi guna menunjang terwujudnya smart and green university," Jurnal UNTIRTA, 2021.
- [2] A. Hadiapurwa, "Penggunaan Teknologi Blockchain Dalam Bidang Pendidikan," Academia.edu, 2022.
- [3] S. Kosasi, "Karakteristik Blockchain Teknologi Dalam Pengembangan Edukasi," ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal, 2020.

- [4] Z. Munawar, "Penggunaan Teknologi Blockchain Dalam Bidang Pendidikan," *Academia.edu*, 2022.
- [5] A. C. Nugraha, "Penerapan Teknologi Blockchain dalam Lingkungan Pendidikan: Studi Kasus Jurusan Teknik Komputer dan Informatika POLBAN," 2020.
- [6] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- [7] Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution*
- [8] Gartner, Inc. (2019). "What Is Blockchain Technology?" Diakses dari [Gartner](<https://www.gartner.com/en/informationtechnology/insights/blockchain>).
- [9] Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies*.
- [10] Pilkington, M. (2016). *Blockchain Technology: Principles and Applications*.
- [11] Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *Blockchain Technology Overview*. National Institute of Standards and Technology (NIST).
- [12] De Filippi, P., & Wright, A. (2018). *Blockchain and the Law: The Rule of Code*. Harvard University Press.
- [13] Garay, J., Kiayias, A., & Leonardos, N. (2015). *The Bitcoin Backbone Protocol: Analysis and Applications*. Conference Proceedings of the 34th Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques (EUROCRYPT).
- [14] Buterin, V. (2013). *Ethereum White Paper: A Next Generation Smart Contract & Decentralized Application Platform*.
- [15] Wood, G. (2014). *Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger*
- [16] Underwood, S. (2016). *Blockchain Beyond Bitcoin*. Communications of the ACM.
- [17] Reyna, A., Martín, C., Chen, J., Soler, E., & Díaz, M. (2018). *On Blockchain and Its Integration with IoT*. Future Generation Computer Systems.
- [18] Zyskind, G., Nathan, O., & Pentland, A. (2015). *Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data*.
- [19] Mearian, L. (2018). *What is blockchain? The most disruptive tech in decades*. Computerworld.
- [20] Xie, S., Ruj, S., Choo, K.-K. R., & Dehghantanha, A. (2019). *A Survey on the Scalability of Blockchain Systems*. Future Generation Computer Systems.
- [21] 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.
- [22] RapidInnovation.io, "Blockchain Security: Cryptography, Decentralization, and Consensus," RapidInnovation.io. [Online]. Available: <https://www.rapidinnovation.io>. [Accessed: 24-Nov-2024].
- [23] DataExpertise.in, "Blockchain Technology for Data Integrity and Security," DataExpertise.in. [Online]. Available: <https://www.dataexpertise.in>. [Accessed: 24-Nov-2024].
- [24] TechinAsia.com, "Blockchain untuk keamanan data," \*TechinAsia\*. [Online]. Available: <https://www.techinAsia.com>. [Accessed: 24-Nov-2024].
- [25] Grech, A., & Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in Education*.

European Commission Joint Research Centre.

- [26] Dierksmeier, C., & Pohl, A. (2018). The Ethics of Blockchain in Education. *Journal of Business Ethics*.
- [27] Turkanović, M., Hölbl, M., Košič, K., Heričko, M., & Kamišalić, A. (2018). EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform. IEEE Access.
- [28] Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N.-S. (2018). Exploring Blockchain Technology and Its Potential Applications for Education. *Smart Learning Environments*.
- [29] Bothra, G., & Mishra, M. (2019). Blockchain-Based System for Verifying Educational Certificates. *International Journal of Computer Applications*.
- [30] Tsingou, E. (2017). Blockchain and the Transformation of Higher Education. *Higher Education Review*.
- [31] Tasca, P., Grimaudo, L., & Della Peruta, M. (2017). Blockchain and Smart Contracts for Education\*. *\*Springer Proceedings in Business and Economics*.