

Securing Academic Records with Blockchain Technology A Data-Driven Approach for University Management

Mengamankan Catatan Akademik dengan Teknologi Blockchain Pendekatan Berbasis Data untuk Manajemen Universitas

Kristina Vaher^{1*}, Arthur Simanjuntak², Erwin Sugiharto³

¹Ilearning Incorporation, Estonia

²Departemen Akuntansi, Universitas Methodist, Indonesia

³Departemen Manajemen Sistem Informasi, Universitas Bina Nusantara, Indonesia

¹vaher.kristin@ilearning.ee, ²as_smjt@rocketmail.com, ³erwin.sugiharto@binus.ac.id

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Penyerahan juni 25, 2025

Revisi Juni 30, 2025

Diterima Juli 16, 2025

Diterbitkan Juli 29, 2025

Keywords:

Higher Education

Blockchain Technology

Academic Records

Data-Driven Management

Digital Credentials

Kata Kunci:

Pendidikan Tinggi

Teknologi Blockchain

Catatan Akademik

Manajemen Berbasis Data

Kredensial Digital



ABSTRACT

In the contemporary landscape of higher education, **background** the burgeoning volume of digital academic records necessitates robust security and integrity measures, particularly amidst increasing concerns over data breaches and authenticity. Traditional centralized database systems, while functional, often present vulnerabilities that compromise student data privacy and the verifiable nature of academic achievements, thereby hindering efficient data-driven management. **Object this study** aims to propose and analyze a blockchain-based framework for securing academic records, thereby enhancing data integrity, transparency, and trust within university management systems through a data-driven approach. **Method employing** a qualitative research methodology, this paper reviews existing literature on blockchain applications in education, analyzes current challenges in academic record management, and develops a conceptual model illustrating how distributed ledger technology can be integrated to create a more secure and immutable repository for student credentials and institutional data. Furthermore, we explore the potential impact on privacy preservation and the streamlining of administrative processes. **Result our findings** indicate that blockchain technology offers a promising solution to mitigate inherent risks in conventional record-keeping systems by providing an unalterable, transparent, and decentralized ledger. This integration significantly bolsters data authenticity, reduces fraudulent activities, and fosters greater trust among stakeholders, ultimately supporting more reliable and effective data-driven decision-making for university administration. **Conclusion the implementation** of a blockchain-enabled system for academic records is critical for establishing a secure, verifiable, and efficient data management ecosystem in higher education, paving the way for enhanced operational excellence and stakeholder confidence in the digital age.

This is an open access article under the [CC BY](#) license.



ABSTRAK

Dalam lanskap pendidikan tinggi kontemporer, **latar belakang** volume terus meningkat dari catatan akademik digital menuntut langkah-langkah keamanan dan integritas yang kuat, terutama di tengah meningkatnya kekhawatiran terkait kebocoran data dan keaslian. Sistem basis data terpusat tradisional, meskipun fungsional, seringkali memiliki kerentanan yang mengancam privasi data mahasiswa dan sifat verifikasi prestasi akademik, sehingga menghambat pengelolaan data yang efisien. **Tujuan studi ini** bertujuan untuk mengusulkan dan menganalisis kerangka kerja berbasis blockchain

untuk mengamankan catatan akademik, sehingga meningkatkan integritas data, transparansi, dan kepercayaan dalam sistem manajemen universitas melalui pendekatan berbasis data. **Metode dengan menggunakan** metodologi penelitian kualitatif, makalah ini meninjau literatur yang ada tentang penerapan blockchain dalam pendidikan, menganalisis tantangan saat ini dalam manajemen catatan akademik, dan mengembangkan model konseptual yang menggambarkan bagaimana teknologi ledger terdistribusi dapat diintegrasikan untuk menciptakan repositori yang lebih aman dan tidak dapat diubah untuk kredensial mahasiswa dan data institusi. Selain itu, kami menjelajahi dampak potensial terhadap pelestarian privasi dan penyederhanaan proses administratif. **Hasil temuan** kami menunjukkan bahwa teknologi blockchain menawarkan solusi menjanjikan untuk mengurangi risiko inherent dalam sistem pencatatan konvensional dengan menyediakan ledger yang tidak dapat diubah, transparan, dan terdesentralisasi. Integrasi ini secara signifikan memperkuat keaslian data, mengurangi aktivitas penipuan, dan meningkatkan kepercayaan di antara pemangku kepentingan, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih andal dan efektif dalam administrasi universitas. **Kesimpulan implementasi** sistem berbasis blockchain untuk catatan akademik sangat penting untuk membangun ekosistem manajemen data yang aman, terverifikasi, dan efisien di pendidikan tinggi, membuka jalan bagi peningkatan keunggulan operasional dan kepercayaan pemangku kepentingan di era digital.

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



DOI: <https://doi.org/10.33050/mentari.v4i1.908>

This is an open-access article under the CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

©Authors retain all copyrights

1. PENDAHULUAN

Dalam era digitalisasi yang kian pesat, pendidikan tinggi menghadapi tantangan besar dalam mengelola lonjakan data akademik yang kompleks dan sensitif, mulai dari transkrip nilai, sertifikat, hingga data operasional. Sistem basis data terpusat yang selama ini digunakan seringkali tidak mampu menjamin keamanan, integritas, dan verifikasi data secara menyeluruh [1]. Kerentanan terhadap pelanggaran privasi, pemalsuan ijazah, serta inkonsistensi antar departemen tidak hanya menurunkan efisiensi manajemen, tetapi juga merusak kepercayaan publik terhadap institusi pendidikan. Mengingat pentingnya manajemen berbasis data dalam pengambilan keputusan strategis universitas, diperlukan sistem yang mampu memastikan validitas, keamanan, dan aksesibilitas informasi secara menyeluruh dan andal [2].

Blockchain muncul sebagai solusi potensial dengan kemampuan disruptif untuk menjawab tantangan tersebut. Teknologi ini menawarkan sistem desentralisasi, transparansi, dan imutabilitas yang mampu menciptakan catatan akademik yang tidak dapat diubah, tahan manipulasi, dan mudah diverifikasi oleh pihak ketiga secara instan [3]. Studi terbaru menunjukkan bahwa blockchain dapat diterapkan untuk mengelola ijazah digital, identitas akademik, serta kehadiran dan nilai mahasiswa secara lebih aman dan efisien [4]. Selain mengurangi birokrasi dan risiko single point of failure, blockchain juga memungkinkan penerapan identitas digital terverifikasi (*Self-Sovereign Identity*) yang memberikan kontrol penuh kepada mahasiswa atas data pribadinya, sekaligus memfasilitasi audit dan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat dan cepat [5]. Penerapan teknologi ini juga sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), dengan cara meningkatkan mutu layanan pendidikan tinggi melalui pengelolaan catatan akademik yang aman, valid, dan berbasis bukti. Lebih jauh, adopsi blockchain mendukung SDG 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) melalui pemanfaatan inovasi teknologi, serta SDG 16 (Perdamaian, Keadilan, dan Kelembagaan yang Tangguh) dengan menciptakan tata kelola data yang transparan dan akuntabel di lingkungan universitas [6].

Meskipun menjanjikan transformasi menyeluruh, penerapan blockchain tidak lepas dari tantangan seperti interoperabilitas, biaya implementasi, dan isu regulasi data [7]. Namun, kajian mendalam menunjukkan bahwa interoperabilitas antar sistem akademik lintas universitas masih menghadapi kendala teknis, misalnya pada perbedaan standar data digital yang membuat integrasi sulit dilakukan secara efisien [8]. Dari sisi biaya, studi perbandingan di beberapa universitas di Eropa dan Asia menunjukkan bahwa biaya awal implementasi blockchain relatif tinggi (infrastruktur server, tenaga ahli, serta pelatihan SDM), meskipun dalam jangka panjang dapat mengurangi biaya operasional administrasi [9]. Regulasi data juga menjadi isu kritis, terutama terkait kepatuhan pada *General Data Protection Regulation* (GDPR) di Eropa dan kebijakan privasi lokal di

Asia, yang memengaruhi sejauh mana blockchain dapat digunakan untuk penyimpanan dan verifikasi kredensial akademik. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan perlunya pendekatan komparatif lintas studi kasus untuk menilai kelayakan adopsi blockchain dalam konteks yang berbeda [10]. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi blockchain dalam memperkuat keamanan dan integritas rekam jejak akademik, serta mengeksplorasi penerapannya mendukung sistem manajemen universitas yang lebih transparan dan berbasis data, guna meningkatkan efisiensi administratif dan kepercayaan terhadap kredensial akademik di era digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Literatur mengenai penerapan blockchain dalam pendidikan tinggi menunjukkan adanya potensi besar dalam meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi manajemen data akademik [11]. Berbagai studi menegaskan bahwa sistem basis data tradisional yang saat ini banyak digunakan universitas sering kali menghadapi permasalahan serius seperti risiko kebocoran data, pemalsuan ijazah, dan inkonsistensi antar departemen yang dapat mengurangi kepercayaan publik terhadap institusi pendidikan [12]. Catatan akademik yang mencakup transkrip nilai, sertifikat, dan data administratif lainnya memerlukan tingkat perlindungan yang tinggi agar tetap valid dan dapat diverifikasi dalam jangka panjang. Dalam konteks ini, teknologi blockchain, dengan sifat desentralisasi dan imutabilitasnya, dipandang mampu memberikan solusi untuk menciptakan catatan akademik yang lebih aman, mudah diverifikasi, dan tidak dapat dimanipulasi. Keunggulan tersebut memungkinkan setiap perubahan data terekam secara permanen dalam jaringan terdistribusi, sehingga mendukung sistem manajemen universitas berbasis data yang lebih andal dan mengurangi ketergantungan pada otoritas tunggal dalam proses verifikasi. Temuan-temuan ini memberikan dasar yang kuat bahwa blockchain bukan hanya sebuah inovasi teknologi, tetapi juga sebuah paradigma baru dalam tata kelola informasi akademik yang menuntut integritas tinggi.

Kajian lain menyoroti bahwa blockchain dapat diintegrasikan ke dalam berbagai aspek administrasi akademik, mulai dari penerbitan ijazah digital, pengelolaan identitas mahasiswa, hingga sistem kehadiran dan penilaian [13]. Implementasi konsep self-sovereign identity, misalnya, memungkinkan mahasiswa memiliki kendali penuh atas data akademik mereka sendiri, sehingga setiap izin akses dapat diatur sesuai kebutuhan tanpa harus bergantung pada perantara administratif [14]. Pendekatan ini tidak hanya mempermudah proses audit data, tetapi juga mempercepat pengambilan keputusan manajerial karena seluruh data telah tervalidasi secara otomatis melalui mekanisme konsensus dalam jaringan blockchain. Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan blockchain dapat mengurangi birokrasi yang kerap memperlambat proses administrasi, meminimalisir risiko single point of failure pada sistem basis data terpusat, serta mempercepat proses verifikasi kredensial untuk kepentingan kerja, pendaftaran studi lanjutan, maupun pertukaran mahasiswa lintas negara. Dengan demikian, integrasi blockchain diyakini mampu menghadirkan ekosistem pendidikan tinggi yang lebih efisien, responsif, dan ramah terhadap kebutuhan mobilitas akademik global.

Namun demikian, sejumlah studi juga menegaskan bahwa adopsi blockchain dalam dunia pendidikan tidak lepas dari tantangan teknis, regulasi, dan biaya implementasi yang perlu diperhitungkan secara matang. Investasi awal yang relatif tinggi, seperti kebutuhan infrastruktur server, tenaga ahli, dan pelatihan sumber daya manusia, menjadi hambatan utama bagi banyak institusi [15]. Selain itu, interoperabilitas antar sistem akademik lintas universitas masih menghadapi kendala teknis, misalnya perbedaan standar data digital yang menyulitkan integrasi dan pertukaran informasi secara efisien. Kepatuhan terhadap regulasi data, seperti *General Data Protection Regulation* (GDPR) di Eropa maupun kebijakan privasi lokal di Asia, juga menjadi isu kritis yang memengaruhi sejauh mana blockchain dapat digunakan untuk penyimpanan dan verifikasi kredensial akademik. Literatur terbaru menekankan perlunya kajian komparatif lintas studi kasus untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan blockchain di berbagai konteks universitas, sehingga dapat ditemukan model implementasi yang sesuai dengan kebutuhan, kapasitas teknologi, dan kerangka hukum masing-masing negara [16]. Oleh karena itu, penelitian-penelitian terdahulu tidak hanya memberikan landasan teoritis yang kuat, tetapi juga menegaskan pentingnya pendekatan adaptif dan kolaboratif agar pengembangan model konseptual berbasis blockchain benar-benar mampu mengatasi keterbatasan sistem tradisional sekaligus mematuhi regulasi yang berlaku.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menguraikan pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian ini untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan [17]. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan dan menganalisis kerangka

kerja berbasis blockchain untuk pengamanan rekam jejak akademik dalam konteks manajemen universitas yang berbasis data. Oleh karena itu, pendekatan kualitatif dengan fokus pada studi konseptual dan tinjauan sistematis akan diadopsi untuk membangun argumentasi yang kuat dan model yang relevan [18].

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi konseptual dan tinjauan literatur sistematis [19]. Pendekatan kualitatif dipilih karena memberikan ruang eksplorasi mendalam terhadap fenomena kompleks, khususnya integrasi teknologi blockchain dalam manajemen pendidikan tinggi yang melibatkan aspek teknis, operasional, dan manajerial [20]. Studi konseptual diarahkan pada pengembangan kerangka kerja teoritis serta model konseptual yang menggabungkan prinsip-prinsip blockchain dengan kebutuhan manajemen data akademik [21]. Tinjauan literatur sistematis memastikan penelitian ini dibangun di atas pengetahuan yang ada, sekaligus mengidentifikasi celah penelitian dan memperkuat argumen melalui publikasi terkini [22].

Data penelitian bersumber dari literatur ilmiah primer, sekunder yang relevan, dikumpulkan melalui tinjauan literatur sistematis dengan mengacu pada panduan PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) jika memungkinkan [23]. Sumber utama meliputi artikel dari basis data bereputasi seperti *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*, dan *IEEE Xplore*, dengan kata kunci seperti “*Blockchain in Higher Education*,” “*Academic Records Security*,” “*Data-Driven University Management*,” “*Digital Credentials*,” serta “*Distributed Ledger Technology Education*.” Selain itu, prosiding konferensi internasional, laporan teknis, dan buku putih dari konsorsium blockchain juga menjadi bahan acuan [24]. Kriteria inklusi mencakup publikasi berbahasa Inggris sejak tahun 2021 yang berfokus pada aplikasi blockchain untuk manajemen data di pendidikan tinggi, keamanan catatan akademik, maupun dampak blockchain terhadap manajemen universitas berbasis data. Literatur di luar kriteria tersebut dikecualikan untuk menjaga relevansi dan validitas penelitian [25].

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan yang saling berkaitan untuk memastikan analisis komprehensif dan pengembangan kerangka kerja yang solid. Setiap tahap memiliki tujuan terukur, mulai dari identifikasi masalah hingga perumusan rekomendasi, sehingga menjaga konsistensi metodologi dan validitas temuan [26]. Struktur tahapan yang jelas memungkinkan pengelolaan kompleksitas integrasi blockchain dalam manajemen pendidikan tinggi, serta membantu mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, menyintesis informasi, dan membangun argumen mengenai kelayakan serta manfaatnya. Proses ini juga memitigasi risiko bias, menjaga transparansi, dan menghasilkan rekomendasi berbasis bukti dengan kualitas ilmiah yang tinggi [27].

Tabel 1. Tahapan Penelitian

Tahap Penelitian	Deskripsi
Identifikasi Masalah & Tujuan	Menetapkan isu keamanan dan integritas data akademik serta merumuskan tujuan dan pertanyaan penelitian.
Tinjauan Literatur	Menelusuri literatur 2021-sekarang untuk memahami tren, tantangan, dan solusi blockchain dalam manajemen data akademik.
Analisis Kebutuhan	Menganalisis kebutuhan keamanan, privasi, dan efisiensi serta memetakan kesesuaian karakteristik blockchain.
Pengembangan Kerangka	Merancang model konseptual, komponen utama, dan alur interaksi antar entitas.
Evaluasi & Implikasi	Menilai manfaat dan tantangan (keamanan, skalabilitas, regulasi) serta implikasi manajerial.
Kesimpulan & Rekomendasi	Merangkum temuan dan memberikan saran praktis untuk penerapan blockchain di pendidikan tinggi.

Tabel 1 merinci tahapan utama penelitian yang dirancang secara sistematis untuk memastikan analisis komprehensif dan pengembangan kerangka kerja yang solid [28]. Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan perumusan tujuan, yang berfokus pada pendefinisian isu keamanan serta integritas data akademik di pendidikan tinggi, sekaligus merumuskan pertanyaan penelitian terkait potensi solusi blockchain [29]. Selanjutnya dilakukan tinjauan literatur sistematis melalui pencarian, penyaringan, dan ekstraksi publikasi terbaru (2021 - sekarang) guna memahami tren, tantangan, dan solusi yang ada, serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian [30]. Tahap ketiga adalah analisis kebutuhan dan potensi blockchain dengan menelaah kebutuhan spesifik

manajemen data universitas seperti keamanan, otentisitas, privasi, dan efisiensi, serta memetakan relevansi karakteristik blockchain untuk memenuhi kebutuhan tersebut melalui studi kasus [31]. Berikutnya, pengembangan kerangka kerja konseptual dilakukan dengan merancang model berbasis blockchain yang mencakup komponen inti serta alur interaksi antar entitas [32]. Setelah itu, evaluasi dan diskusi implikasi dilakukan untuk menilai manfaat utama keamanan, efisiensi, privasi, dan otentisitas serta tantangan seperti skalabilitas, interoperabilitas, regulasi, dan tingkat adopsi, termasuk analisis implikasi manajerial serta arah penelitian ke depan [33]. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dan rekomendasi yang merangkum temuan utama sekaligus memberikan rekomendasi praktis untuk implementasi blockchain di pendidikan tinggi, beserta implikasi teoritis dan manajerial [34].

3.3. Kerangka Kerja Konseptual

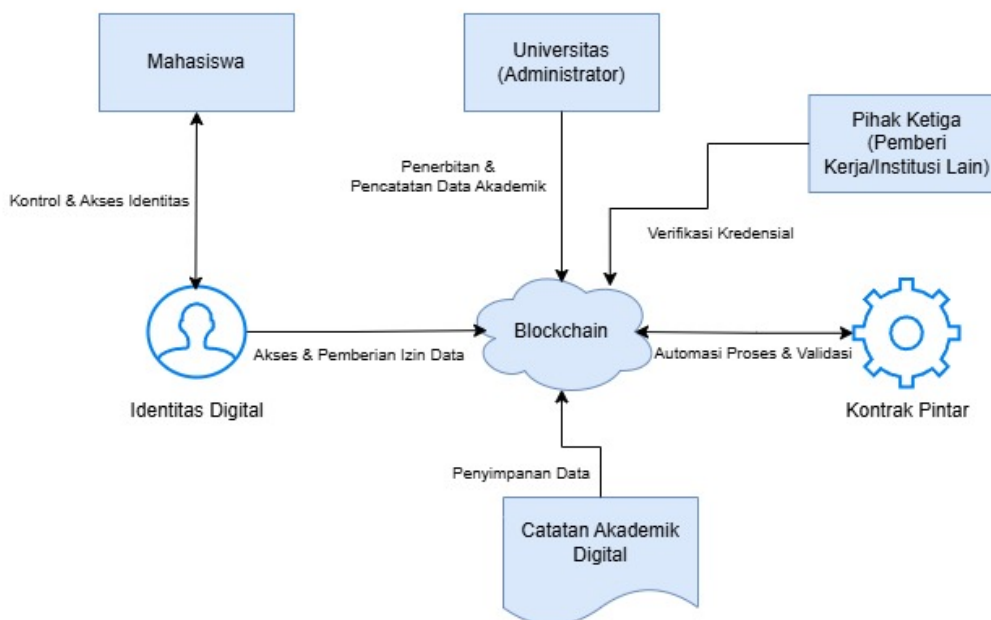
Penelitian ini akan mengusulkan sebuah kerangka kerja konseptual yang menggambarkan bagaimana teknologi blockchain dapat diintegrasikan ke dalam sistem manajemen akademik universitas untuk mengamankan rekam jejak [35]. Kerangka ini melibatkan beberapa entitas dan komponen inti yang saling berinteraksi:

- Mahasiswa: Sebagai pemegang utama Identitas Digital mereka, Mahasiswa memiliki kontrol atas akses dan izin data akademik mereka.
- Identitas Digital: Ini adalah representasi digital dari identitas Mahasiswa yang memungkinkan kontrol dan akses terhadap data mereka secara aman. Mahasiswa berinteraksi dengan Identitas Digital untuk mengelola data mereka di Rantai Blok.
- Universitas (*Administrator*): Entitas bertanggung jawab dalam Penerbitan & Pencatatan Data Akademik ke dalam sistem Rantai Blok. Universitas juga berperan dalam manajemen dan validasi data.
- Catatan Akademik Digital: Ini merujuk pada jenis-jenis data akademik seperti transkrip, ijazah, atau sertifikat, yang akan melalui proses Penyimpanan Data ke dalam Rantai Blok.
- Rantai Blok (*Blockchain*): Berfungsi sebagai buku besar terdistribusi yang aman dan transparan, tempat semua data akademik dicatat secara imutabel. Ini adalah inti dari sistem yang menjamin integritas dan keaslian data.
- Kontrak Pintar: Ini adalah program otomatis yang berjalan di Rantai Blok, mengelola Automasi Proses & Validasi. Kontrak Pintar mengatur bagaimana data dicatat, diakses, dan diverifikasi tanpa perlu perantara manual.
- Pihak Ketiga (Pemberi Kerja/Institusi Lain): Entitas eksternal ini dapat melakukan Verifikasi Kredensial mahasiswa dengan aman melalui Rantai Blok, memastikan keaslian catatan akademik yang disajikan.

Alur interaksi dalam kerangka ini dimulai dari Universitas sebagai penerbit utama yang mencatat Catatan Akademik Digital ke dalam Rantai Blok (*Blockchain*) melalui proses verifikasi internal untuk memastikan keaslian transkrip, ijazah, dan sertifikat sebelum data tersebut tersebar ke seluruh node jaringan agar tidak dapat dimodifikasi [36]. Setelah tercatat, Mahasiswa memperoleh kendali penuh melalui Identitas Digital yang memungkinkan mereka menentukan izin akses dan berbagi kredensial secara selektif sesuai konsep self-sovereign identity, sehingga privasi tetap terjaga sekaligus memudahkan proses berbagi data secara real-time. Seluruh proses penerbitan, penyimpanan, dan validasi dikendalikan secara otomatis oleh Kontrak Pintar (*Smart Contract*) yang mengeksekusi aturan tanpa campur tangan manual, memastikan setiap permintaan verifikasi terekam permanen dan dapat diaudit. Dengan izin mahasiswa, Pihak Ketiga seperti pemberi kerja, lembaga pemerintah, atau universitas lain dapat memverifikasi kredensial secara instan langsung dari blockchain, memperoleh data yang identik dan terjamin integritasnya tanpa memerlukan perantara. Representasi visual kerangka ini memperjelas hubungan fungsional dan alur informasi antar entitas, menghadirkan pemahaman yang komprehensif mengenai cara sistem bekerja secara aman, efisien, dan transparan dalam mendukung manajemen catatan akademik di lingkungan pendidikan tinggi [37].

Gambar 1 di bawah ini akan memberikan representasi visual yang komprehensif dari kerangka kerja konseptual yang diusulkan, di mana setiap komponen utama dan alur data dalam sistem berbasis blockchain digambarkan secara terstruktur. Visualisasi ini tidak hanya menampilkan interaksi antar entitas seperti mahasiswa, universitas, dan pihak ketiga, tetapi juga memperlihatkan bagaimana teknologi inti termasuk rantai

blok, kontrak pintar, identitas digital, dan catatan akademik digital saling berhubungan untuk menciptakan ekosistem manajemen data yang aman, transparan, dan terdesentralisasi. Dengan penyajian ini, pembaca dapat memahami secara lebih jelas bagaimana proses penerbitan, penyimpanan, validasi, hingga verifikasi kredensial akademik dilakukan secara efisien dan terpercaya melalui pemanfaatan teknologi blockchain.



Gambar 1. Kerangka Kerja Konseptual

Visualisasi kerangka kerja konseptual yang disajikan pada Gambar 1 menyajikan kerangka kerja konseptual berbasis blockchain untuk pengamanan catatan akademik. Diagram ini menampilkan alur interaksi antara entitas utama (mahasiswa, universitas, dan pihak ketiga) dengan komponen teknologi blockchain (rantai blok, kontrak pintar, identitas digital, dan catatan akademik digital). Pada tahap awal, universitas bertindak sebagai penerbit yang mencatat kredensial mahasiswa ke dalam rantai blok melalui kontrak pintar. Data yang telah tercatat menjadi immutable dan disimpan sebagai catatan akademik digital. Mahasiswa, melalui identitas digitalnya, memiliki kontrol penuh atas izin akses, sehingga dapat menentukan pihak ketiga mana yang berhak memverifikasi kredensial. Pihak ketiga kemudian dapat melakukan proses verifikasi secara instan dan aman melalui interaksi langsung dengan rantai blok. Dengan demikian, Gambar 1 tidak hanya menampilkan komponen inti, tetapi juga memperjelas aliran data, peran masing-masing entitas, serta mekanisme kontrol dan verifikasi yang menjadi dasar penguatan keamanan dan transparansi sistem. Dengan kerangka ini sebagai dasar, bagian selanjutnya dari paper akan membahas hasil penelitian yang diperoleh, menganalisis bagaimana model konseptual ini secara efektif mengatasi tantangan keamanan data dan meningkatkan efisiensi manajemen di pendidikan tinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan temuan utama dari penelitian ini, menguraikan bagaimana kerangka kerja konseptual berbasis blockchain yang diusulkan mampu menjawab tantangan dalam manajemen data akademik di pendidikan tinggi. Hasil penelitian ini juga memaparkan bagaimana implementasi metode penelitian kualitatif dan tinjauan literatur sistematis berkontribusi pada pengembangan model konseptual ini.

4.1. Kerangka Kerja Konseptual Blockchain

Hasil utama dari penelitian ini adalah pengembangan sebuah kerangka kerja konseptual terperinci untuk sistem berbasis blockchain yang dirancang khusus untuk mengamankan rekam jejak akademik di lingkungan universitas. Kerangka kerja yang ditampilkan pada Gambar 1 mengintegrasikan tiga entitas utama, yaitu mahasiswa, universitas, dan pihak ketiga, dengan empat komponen teknologi blockchain kunci, yaitu rantai blok, kontrak pintar, identitas digital, dan catatan akademik digital.

Pertama, rantai blok berfungsi sebagai fondasi sistem yang menyediakan buku besar terdistribusi, immutable, dan transparan untuk penyimpanan catatan akademik digital. Sifat tidak dapat diubah ini menjamin bahwa data yang telah dicatat tidak bisa dimodifikasi oleh pihak mana pun, sehingga meningkatkan kepercayaan terhadap keaslian rekam jejak. Kedua, kontrak pintar merupakan program otomatis yang berjalan di atas rantai blok untuk mengelola validasi data, penerbitan kredensial, dan pengaturan izin akses. Dengan adanya kontrak pintar, kebutuhan akan perantara dapat dikurangi dan proses administratif menjadi lebih efisien. Ketiga, identitas digital memberi mahasiswa kendali penuh atas data akademik mereka sesuai konsep *self-sovereign identity*. Melalui identitas digital, mahasiswa dapat memberikan atau mencabut izin akses catatan akademik digital kepada pihak lain sesuai kebutuhan. Keempat, catatan akademik digital mencakup representasi digital dari ijazah, transkrip, sertifikat, dan data kursus lainnya yang disimpan secara aman di rantai blok. Format digital ini memungkinkan proses verifikasi yang lebih cepat, efisien, dan tahan terhadap pemalsuan. Alur Proses dan Interaksi, kerangka kerja ini menggambarkan alur proses data yang aman dan transparan:

- Penerbitan: Universitas (*Administrator*) bertanggung jawab untuk menerbitkan dan mencatat Catatan Akademik Digital yang valid ke Rantai Blok, seringkali difasilitasi oleh Kontrak Pintar.
- Penyimpanan: Catatan Akademik Digital secara permanen tersimpan di Rantai Blok, memanfaatkan sifat terdistribusi dan imutabelnya untuk menjamin integritas data.
- Akses dan Kontrol Mahasiswa: Mahasiswa, melalui Identitas Digital mereka, memiliki kontrol penuh untuk mengakses catatan mereka dan memberikan izin kepada Pihak Ketiga untuk melihat data tertentu.
- Verifikasi: Pihak Ketiga (misalnya, pemberi kerja atau institusi lain) dapat memverifikasi keaslian kredensial akademik secara instan dan aman dengan berinteraksi langsung dengan Rantai Blok dan Kontrak Pintar, setelah mendapatkan izin dari Mahasiswa.

4.2. Solusi Keamanan Data

”Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka kerja berbasis blockchain ini secara efektif mengatasi masalah keamanan dan integritas data pada sistem akademik tradisional. Untuk memperkuat kontribusi teknis, penelitian ini menambahkan spesifikasi desain sistem, antara lain:

- Skalabilitas: Kerangka kerja mengadopsi mekanisme sharding dan layer-2 solutions untuk mengantisipasi volume transaksi akademik yang besar, sehingga sistem tetap efisien tanpa mengorbankan kecepatan pencatatan.
- Konsensus: Model yang diusulkan mengintegrasikan mekanisme konsensus *Proof-of-Authority* (PoA) yang lebih sesuai untuk ekosistem universitas, karena memberikan keseimbangan kecepatan transaksi dan kebutuhan otorisasi dari entitas terpercaya (universitas/otoritas pendidikan).
- Proteksi Privasi: Selain enkripsi standar berbasis kunci publik, kerangka kerja mengusulkan penggunaan *Zero-Knowledge Proofs* (ZK-proofs) untuk memungkinkan verifikasi ijazah atau transkrip tanpa mengungkapkan seluruh data sensitif. Dengan demikian, pihak ketiga hanya dapat memverifikasi validitas kredensial tanpa mengakses detail pribadi mahasiswa.

4.3. Peningkatan Manajemen Universitas

Penerapan kerangka kerja ini memberikan dampak positif pada manajemen universitas berbasis data. Dengan data yang terjamin integritas dan otentisitasnya melalui Rantai Blok, manajemen universitas dapat mengambil keputusan yang lebih akurat dan terpercaya, baik dalam alokasi sumber daya, pengembangan kurikulum, maupun evaluasi kinerja, sehingga mendukung analisis prediktif dan perencanaan strategis yang lebih baik. Selain itu, proses verifikasi kredensial yang sebelumnya memakan waktu dan birokratis dapat

diotomatisasi melalui Kontrak Pintar, yang tidak hanya mengurangi beban administratif tetapi juga mempercepat rekrutmen, pendaftaran lanjutan, serta menekan biaya operasional universitas. Lebih jauh, konsep Identitas Digital memberikan kendali penuh kepada mahasiswa atas data akademik mereka, memungkinkan mereka untuk secara mudah berbagi dan mengelola akses kredensial sesuai kebutuhan, sejalan dengan prinsip privasi data modern.

4.4. Verifikasi Metodologi

Metode penelitian kualitatif dipilih karena dapat memberikan pemahaman mendalam terhadap fenomena kompleks yang melibatkan aspek teknis, operasional, dan manajerial dalam integrasi teknologi blockchain pada pendidikan tinggi. Pendekatan ini diwujudkan melalui dua strategi utama, yaitu tinjauan literatur sistematis dan studi konseptual. Tinjauan literatur sistematis dilakukan untuk menelusuri, mengidentifikasi, serta mengkaji publikasi ilmiah terkini (khususnya terbitan 2021 ke atas) yang membahas berbagai tantangan dalam manajemen catatan akademik tradisional. Dari hasil penelusuran tersebut, ditemukan isu-isu penting seperti kerentanan terhadap pemalsuan ijazah, kurangnya transparansi data, serta tingginya risiko kebocoran informasi pribadi. Selain itu, literatur juga mengungkap berbagai solusi potensial berbasis blockchain yang telah diuji di berbagai konteks pendidikan, mulai dari pencatatan kredensial digital hingga penerapan *self-sovereign identity* untuk mahasiswa. Dengan demikian, tinjauan literatur ini berfungsi sebagai dasar teoritis yang kuat dalam membangun kerangka kerja konseptual yang sesuai dengan kebutuhan universitas modern.

Di sisi lain, studi konseptual berfokus pada pengembangan model yang mengintegrasikan prinsip-prinsip utama blockchain, seperti desentralisasi, imutabilitas, dan transparansi, ke dalam sistem manajemen universitas. Proses ini melibatkan perancangan kerangka kerja yang tidak hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan implikasi manajerial, administratif, dan privasi mahasiswa. Model konseptual yang dihasilkan merupakan sintesis dari pengetahuan yang diperoleh melalui literatur, disusun dalam bentuk representasi visual untuk memperlihatkan alur interaksi antar entitas, seperti mahasiswa, universitas, dan pihak ketiga. Representasi ini memperjelas bagaimana blockchain dapat dioperasikan dalam praktik, mulai dari penerbitan catatan akademik hingga proses verifikasi oleh pihak eksternal. Hasil dari kedua pendekatan ini secara langsung menjawab pertanyaan penelitian, yakni bagaimana blockchain dapat digunakan untuk mengamankan catatan akademik sekaligus meningkatkan efektivitas manajemen berbasis data. Lebih jauh lagi, kombinasi tinjauan literatur sistematis dan studi konseptual menyediakan fondasi ilmiah yang kokoh untuk mendukung diskusi serta memperkuat kesimpulan yang diuraikan pada bagian selanjutnya.

5. IMPLIKASI MANAJERIAL

Implikasi manajerial dari penelitian ini menegaskan bahwa penerapan blockchain pada pengelolaan catatan akademik dapat menjadi strategi kunci bagi pimpinan universitas meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kepercayaan antar pemangku kepentingan. Para manajer pendidikan tinggi perlu mempertimbangkan investasi pada infrastruktur digital berbasis blockchain, termasuk pelatihan SDM untuk memastikan kesiapan implementasi. Selain itu, adopsi teknologi ini memungkinkan proses administratif seperti verifikasi ijazah dan transkrip dapat dilakukan secara otomatis, sehingga mengurangi birokrasi, mempercepat layanan akademik, dan menekan biaya operasional. Dari sisi tata kelola, manajer dapat memanfaatkan data yang terjamin otentisitasnya untuk mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis bukti, baik dalam hal alokasi sumber daya, perencanaan kurikulum, maupun evaluasi kinerja. Namun, agar manfaat ini optimal, diperlukan kolaborasi lintas institusi dan pemangku kebijakan untuk menyusun standar interoperabilitas, regulasi data, serta model tata kelola konsorsium blockchain di sektor pendidikan tinggi. Dengan demikian, temuan penelitian ini dapat menjadi panduan praktis bagi para pengelola universitas untuk merancang transformasi digital yang berkelanjutan dan berorientasi pada peningkatan kualitas layanan akademik.

6. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengusulkan sebuah kerangka kerja konseptual inovatif untuk mengamankan rekam jejak akademik institusi pendidikan tinggi melalui integrasi teknologi blockchain. Hasil utama menunjukkan bahwa adopsi Rantai Blok, Kontrak Pintar, dan Identitas Digital secara fundamental dapat mentransformasi manajemen data di universitas, beralih dari sistem terpusat yang rentan menuju ekosistem yang terdesentralisasi, immutable, dan transparan. Kerangka ini secara efektif menjawab kebutuhan akan peningkatan keamanan data, jaminan integritas dan otentisitas catatan akademik, serta peningkatan efisiensi operasional dan

pengambilan keputusan berbasis data yang lebih andal. Dengan demikian, ditemukan bahwa blockchain bukan hanya sebuah solusi teknologi, melainkan sebuah paradigma baru yang dapat membangun kepercayaan yang lebih besar di antara seluruh pemangku kepentingan dalam ekosistem pendidikan tinggi digital.

Penelitian ini secara langsung menjawab pertanyaan inti mengenai bagaimana teknologi blockchain dapat digunakan untuk mengamankan catatan akademik dan meningkatkan manajemen berbasis data di pendidikan tinggi. Melalui pengembangan kerangka kerja konseptual, kami menunjukkan bahwa fitur intrinsik blockchain seperti desentralisasi, immutability, dan transparansi adalah kunci untuk mengatasi tantangan keamanan, privasi, dan otentisitas yang melekat pada sistem tradisional. Namun demikian, penelitian ini masih bersifat konseptual dan belum mencakup studi kasus nyata maupun pengembangan prototipe yang diuji secara empiris. Keterbatasan ini membuat klaim manfaat praktis perlu dipandang secara hati-hati sampai ada validasi implementasi di lapangan. Selain itu, aspek teknis seperti skalabilitas penuh, interoperabilitas dengan sistem warisan yang kompleks, serta kepatuhan pada regulasi dan hukum lintas yurisdiksi, juga belum dianalisis secara mendalam dengan dukungan studi komparatif. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat diposisikan sebagai fondasi teoritis yang dapat menjadi pijakan awal bagi riset lanjutan berbasis implementasi.

Untuk penelitian selanjutnya, sangat disarankan untuk melakukan studi implementasi atau studi kasus nyata di universitas. Ini dapat melibatkan pengembangan prototipe sistem berbasis blockchain untuk pencatatan dan verifikasi ijazah digital, diikuti dengan pengujian kinerja, skalabilitas, dan penerimaan pengguna. Penelitian masa depan juga dapat mengeksplorasi model tata kelola (*Governance Models*) untuk konsorsium blockchain antar universitas, serta menganalisis dampak biaya-manfaat jangka panjang dari adopsi teknologi ini. Aspek privasi yang lebih mendalam, termasuk penggunaan teknik seperti zero-knowledge proofs untuk memverifikasi data tanpa mengungkapkan informasi sensitif, juga merupakan area yang menjanjikan. Akhirnya, studi perbandingan dengan teknologi lain yang muncul untuk manajemen kredensial digital dapat memberikan perspektif yang lebih luas mengenai efektivitas dan kelayakan blockchain dalam konteks pendidikan tinggi.

7. DEKLARASI

7.1. Tentang Penulis

Kristina Vaher (KV)  <https://orcid.org/0009-0009-6790-0680>

Arthur Simanjuntak (AS)  <https://orcid.org/0000-0003-2881-1158>

Erwin Sugiharto (ES) 

7.2. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: ES; Metodologi: KV; Perangkat Lunak: AS; Validasi: KV dan ES; Analisis Formal: AS dan ES; Investigasi: KV; Sumber daya: ES; Kurasi Data: AS; Penulisan Draf Awal: KV dan KV; Peninjauan dan Penyuntingan Tulisan: AS dan ES; Visualisasi: KV; Semua penulis, KV, AS, dan ES, telah membaca dan menyetujui naskah yang telah diterbitkan.

7.3. Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam penelitian ini tersedia berdasarkan permintaan dari penulis yang bersangkutan.

7.4. Dana

Para penulis tidak menerima dukungan keuangan untuk penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

7.5. Pernyataan Kepentingan Bersaing

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang dapat mempengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. K. Ramasamy and F. Khan, "Secure and transparent educational data record-keeping with blockchain," in *Blockchain for Global Education*. Springer, 2024, pp. 147–164.

- [2] D. Apriliasari, B. A. P. Seno *et al.*, “Inovasi pemanfaatan blockchain dalam meningkatkan keamanan kekayaan intelektual pendidikan,” *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 68–76, 2022.
 - [3] A. Felix and G. D. Rembulan, “Analysis of key factors for improved customer experience, engagement, and loyalty in the e-commerce industry in indonesia,” *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 2sp, pp. 196–208, 2023.
 - [4] X. Li, Z. Wang, V. C. Leung, H. Ji, Y. Liu, and H. Zhang, “Blockchain-empowered data-driven networks: A survey and outlook,” *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 54, no. 3, pp. 1–38, 2021.
 - [5] W. Setyowati, R. Widayanti, and D. Supriyanti, “Implementation of e-business information system in indonesia: Prospects and challenges,” *International Journal of Cyber and IT Service Management*, vol. 1, no. 2, pp. 180–188, 2021.
 - [6] A. Ruangkanjanases, A. Khan, O. Sivarak, U. Rahardja, and S.-C. Chen, “Modeling the consumers’ flow experience in e-commerce: The integration of ecm and tam with the antecedents of flow experience,” *Sage Open*, vol. 14, no. 2, p. 21582440241258595, 2024.
 - [7] K. U. Rehman, S. Andleeb, M. Ashfaq, N. Akram, and M. W. Akram, “Blockchain-enabled smart agriculture: Enhancing data-driven decision making and ensuring food security,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 427, p. 138900, 2023.
 - [8] M. Yusuf and B. U. Janah, “Peran teknologi blockchain dalam administrasi pendidikan islam,” *JIEM: Journal Of Islamic Education and Management*, vol. 4, no. 1, pp. 24–35, 2023.
 - [9] H. Sulistiani, A. Yuliani, F. Hamidy *et al.*, “Perancangan sistem informasi akuntansi upah lembur karyawan menggunakan extreme programming,” *Technomedia Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 1–14, 2021.
 - [10] T.-A. Nguyen-Hoang, N. C. Hoang, P. T. Hua, M.-T. N. Thi, T.-T. Ta, T. Nguyen, K. Tan-Vo, N.-T. Dinh, and H.-T. Nguyen, “Advancing scholarship management: A blockchain-enhanced platform with privacy-secure identities and ai-driven recommendations,” *IEEE Access*, 2024.
 - [11] Q. Aini, U. Rahardja, N. P. L. Santoso, and A. Oktariyani, “Aplikasi berbasis blockchain dalam dunia pendidikan dengan metode systematics review,” *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, vol. 6, no. 1, pp. 58–66, 2021.
 - [12] T. Alam, “Cloud computing and its role in the information technology,” *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, vol. 1, no. 2, pp. 108–115, 2021.
 - [13] T. Van Nguyen, H. Cong Pham, M. Nhat Nguyen, L. Zhou, and M. Akbari, “Data-driven review of blockchain applications in supply chain management: key research themes and future directions,” *International Journal of Production Research*, vol. 61, no. 23, pp. 8213–8235, 2023.
 - [14] Y. Setiowati, Y. Saragih *et al.*, “Teknologi blockchain dalam ranah pendidikan,” 2025.
 - [15] E. N. Pratama, E. Suwarni, and M. A. Handayani, “Effect of job satisfaction and organizational commitment on turnover intention with person organization fit as moderator variable,” *APTISI Trans. Manag*, vol. 6, no. 1, pp. 74–82, 2022.
 - [16] D. Indraprakoso *et al.*, “Eksplorasi potensi penggunaan blockchain dalam optimalisasi manajemen pelabuhan di indonesia: Tinjauan literatur,” *Sanskara Manajemen Dan Bisnis*, vol. 1, no. 03, pp. 140–160, 2023.
 - [17] B. Rawat, N. Mehra, A. S. Bist, M. Yusup, and Y. P. A. Sanjaya, “Quantum computing and ai: Impacts & possibilities,” *ADI Journal on Recent Innovation*, vol. 3, no. 2, pp. 202–207, 2022.
 - [18] Z. Kedah, “Use of e-commerce in the world of business,” *Startupreneur Business Digital (SABDA Journal)*, vol. 2, no. 1, pp. 51–60, 2023.
 - [19] M. Elkhodr, S. Khan, and E. Gide, “A novel semantic iot middleware for secure data management: blockchain and ai-driven context awareness,” *Future Internet*, vol. 16, no. 1, p. 22, 2024.
 - [20] M. Angelina, N. Rohmi, R. Fahmi, and R. Abrori, “Eksplorasi teknologi blockchain dalam pendidikan,” *Jurnal Teknologi Pendidikan*, vol. 4, no. 2, pp. 7–15, 2024.
 - [21] D. Rifai, S. Fitri, I. N. Ramadhan, and R. Ramadan, “Perkembangan ekonomi digital mengenai perilaku pengguna media sosial dalam melakukan transaksi,” *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, vol. 3, no. 1, pp. 49–52, 2022.
 - [22] Z. Ardiansyah, M. Marimin, D. Indrawan, and Y. Yurianto, “Rich picture analysis of mrt jakarta transit-oriented development (tod) business ecosystem,” *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 7, no. 2, pp. 454–468, 2025.
 - [23] M. S. Sangari and A. Mashatan, “A data-driven, comparative review of the academic literature and news
-

- media on blockchain-enabled supply chain management: Trends, gaps, and research needs,” *Computers in Industry*, vol. 143, p. 103769, 2022.
- [24] S. Afdilah, N. S. Agustina, I. Hani, and G. Gunawan, “Penerapan teknologi blockchain dalam meningkatkan keamanan sistem identifikasi pengguna,” *Journal Software, Hardware and Information Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 47–62, 2024.
- [25] C. S. Bangun and S. Purnama, “Optimalisasi pemanfaatan digital marketing untuk umkm (usaha mikro, kecil dan menengah),” *ADI Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 2, pp. 89–98, 2023.
- [26] K. Khawaldeh, F. T. Awamleh, M. S. Al-Shibly, and A. Al-Kharabsheh, “Data-driven strategic planning: The mediating role of the blockchain-based supply chain in enhancing digital logistics performance,” *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, vol. 8, no. 1, pp. 2680–2687, 2025.
- [27] J. P. NUGRAHA *et al.*, “Prospek pemanfaatan teknologi blockchain untuk mengoptimalkan keamanan dokumen pertanahan elektronik,” Ph.D. dissertation, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 2024.
- [28] H. Nusantara, P. A. Sunarya, N. P. L. Santoso, and S. Maulana, “Generation smart education learning process of blockchain-based in universities,” *Blockchain Frontier Technology*, vol. 1, no. 01, pp. 21–34, 2021.
- [29] S. B. Rane and Y. A. M. Narvel, “Data-driven decision making with blockchain-iot integrated architecture: a project resource management agility perspective of industry 4.0,” *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 13, no. 2, pp. 1005–1023, 2022.
- [30] A. Irawan, W. H. N. Fadholi, Z. Erikamaretha, and F. Sinlae, “Tantangan dan strategi manajemen keamanan siber di indonesia berbasis iot,” *Journal Zetrom*, vol. 6, no. 1, pp. 114–119, 2024.
- [31] T. Hariguna, Y. Durachman, M. Yusup, and S. Millah, “Blockchain technology transformation in advancing future change,” *Blockchain Frontier Technology*, vol. 1, no. 01, pp. 13–20, 2021.
- [32] A. Behl, B. Sampat, V. Pereira, N. S. Jayawardena, and B. Laker, “Investigating the role of data-driven innovation and information quality on the adoption of blockchain technology on crowdfunding platforms,” *Annals of Operations Research*, vol. 333, no. 2, pp. 1103–1132, 2024.
- [33] A. Simanungkalit, “Teknologi blockchain: Solusi untuk keamanan data dalam transaksi digital,” *Circle Archive*, vol. 1, no. 6, 2024.
- [34] N. Lutfiani and L. Meria, “Utilization of big data in educational technology research,” *International Transactions on Education Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 73–83, 2022.
- [35] H. Haryani, S. M. Wahid, A. Fitriani *et al.*, “Analisa peluang penerapan teknologi blockchain dan gamifikasi pada pendidikan,” *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 163–174, 2023.
- [36] Wasriyono, D. Apriliasari, and B. A. P. Seno, “Inovasi pemanfaatan blockchain dalam meningkatkan keamanan kekayaan intelektual pendidikan,” *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 68–76, 2022, vol.1 No.1, September 2022. [Online]. Available: <https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=3283049&val=28761&title=Inovasi%20Pemanfaatan%20Blockchain%20dalam%20Meningkat%20Keamanan%20Kekayaan%20Intelektual%20Pendidikan>
- [37] D. S. S. Wuisan, R. A. Sunardjo, Q. Aini, N. A. Yusuf, and U. Rahardja, “Integrating artificial intelligence in human resource management: A smartpls approach for entrepreneurial success,” *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 3, pp. 334–345, 2023.