

Beyond Digitization Blockchain Data Governance for Trustworthy Academic Ecosystems

Melampaui Digitalisasi, Tata Kelola Data Blockchain untuk Ekosistem Akademik Terpercaya

Hanny Safitri^{1*} , Elda Diah Safitri² 

¹Faculty of Dar El-Ulum, Cairo University, Mesir

²Faculty of Education, State University of Jakarta, Indonesia

¹hannysaf15@gmail.com, ²eldadiasafitri_1205619039@mhs.unj.ac.id

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Penyerahan Mei 04, 2026

Revisi Mei 29, 2026

Diterima Juli 02, 2026

Diterbitkan Agustus 21, 2026

Keywords:

Blockchain Technology

Data Governance

Academic Data

Academic Ecosystem

Digital Transformation

Kata Kunci:

Teknologi Blockchain

Tata Kelola Data

Data Akademik

Ekosistem Akademik

Transformasi Digital



ABSTRACT

The study involved a total of 217 respondents, consisting of key stakeholders in higher education, including undergraduate and postgraduate students, academic staff, and administrative personnel. The respondents were selected using a purposive sampling technique to ensure they had relevant experience and understanding of academic data management systems. **Among the participants**, the majority were students, representing approximately 65%, followed by academic staff at 20%, and administrative personnel at 15%. In terms of gender distribution, 54% were female and 46% were male. **Most respondents** were aged between 18 and 30 years, reflecting a digitally active population familiar with emerging technologies. **Additionally**, a significant proportion of respondents reported prior exposure to digital academic systems, while a smaller percentage demonstrated awareness of blockchain technology applications in education. **This distribution** ensures that the collected data reflects diverse perspectives within the academic ecosystem and supports the reliability of the analysis conducted using Structural Equation Modeling- Partial Least Squares (SEM-PLS).

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



ABSTRAK

Sebanyak 217 responden berpartisipasi dalam **penelitian ini** yang terdiri dari berbagai pemangku kepentingan di perguruan tinggi, termasuk mahasiswa sarjana dan pascasarjana, tenaga akademik, serta staf administrasi. Responden dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* untuk memastikan bahwa mereka memiliki pengalaman dan pemahaman yang relevan terkait sistem pengelolaan data akademik. **Mayoritas responden** adalah mahasiswa dengan persentase sekitar 65%, diikuti oleh tenaga akademik sebesar 20%, dan staf administrasi sebesar 15%. Berdasarkan jenis kelamin, 54% responden adalah perempuan dan 46% laki-laki. **Sebagian besar** responden berada pada rentang usia 18 hingga 30 tahun, yang mencerminkan kelompok yang aktif secara digital dan familiar dengan perkembangan teknologi. **Selain itu**, sebagian besar responden telah memiliki pengalaman menggunakan sistem akademik digital, meskipun hanya sebagian kecil yang

memahami penerapan teknologi blockchain dalam pendidikan. **Distribusi ini** menunjukkan keberagaman perspektif dalam ekosistem akademik serta mendukung keandalan analisis yang dilakukan menggunakan *Structural Equation Modeling-Partial Least Squares* (SEM-PLS).

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.v5i1.1129>

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

©Authors retain all copyrights

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi digital telah membawa transformasi signifikan dalam dunia pendidikan tinggi, mendorong institusi untuk mengadopsi sistem yang lebih canggih dalam mengelola data akademik [1]. Perguruan tinggi saat ini semakin bergantung pada platform digital untuk menyimpan, memproses, dan mendistribusikan data seperti catatan akademik, kredensial, serta informasi institusi. Namun, di balik kemajuan tersebut, masih terdapat berbagai tantangan yang berkaitan dengan integritas data, keamanan, transparansi, dan kepercayaan. Sistem pengelolaan data yang masih bersifat terpusat rentan terhadap manipulasi, akses tidak sah, serta inefisiensi yang dapat mengurangi keaslian kredensial akademik [2]. Permasalahan ini semakin kompleks seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan pengakuan lintas institusi dan mekanisme verifikasi yang dapat diandalkan. Oleh karena itu, perguruan tinggi dituntut untuk tidak hanya berhenti pada tahap digitalisasi, tetapi juga beralih menuju tata kelola data yang lebih kuat dan terpercaya [3]. Transformasi ini juga sejalan dengan tujuan global seperti United Nations melalui *Sustainable Development Goals*, khususnya SDG 4, *Quality Education* yang menekankan pentingnya pendidikan berkualitas, inklusif, dan terpercaya berbasis teknologi [4].

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, teknologi blockchain muncul sebagai solusi inovatif yang berpotensi meningkatkan tata kelola data di pendidikan tinggi [5]. Blockchain menawarkan sistem yang terdesentralisasi, tidak dapat diubah (*immutable*), serta transparan, sehingga memungkinkan penyimpanan dan verifikasi data secara aman tanpa bergantung pada otoritas pusat. Dengan memanfaatkan teknologi ini, perguruan tinggi dapat memastikan bahwa data akademik tersimpan secara aman, tidak mudah dimanipulasi, dan dapat diverifikasi dengan mudah oleh pihak yang berwenang [6]. Selain itu, blockchain juga dapat mengatasi permasalahan seperti pemalsuan kredensial, fragmentasi data, serta kurangnya interoperabilitas antar institusi [7]. Integrasi antara blockchain dan pendekatan manajemen berbasis data juga dapat mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih akurat melalui penyediaan data yang valid dan terpercaya. Upaya ini turut berkontribusi pada pencapaian SDG 9, *Industry, Innovation and Infrastructure* melalui penguatan inovasi digital dan infrastruktur teknologi pendidikan yang berkelanjutan [8].

Meskipun berbagai penelitian telah membahas penerapan blockchain dalam pengelolaan akademik, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek teknis seperti keamanan data, verifikasi kredensial digital, dan penyimpanan dokumen akademik. Penelitian sebelumnya juga cenderung mengkaji blockchain sebagai solusi teknologi secara parsial tanpa mempertimbangkan perannya dalam mendukung tata kelola data (*data governance*) dan pembentukan ekosistem akademik yang terpercaya secara menyeluruh. Selain itu, masih terbatas penelitian empiris yang menguji hubungan antara *Blockchain Technology*, *Data Governance*, dan *Trustworthy Academic Ecosystem* dalam satu model terintegrasi menggunakan pendekatan SEM-PLS. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan model konseptual yang menguji bagaimana blockchain dapat meningkatkan kualitas tata kelola data serta mendorong terciptanya ekosistem akademik yang lebih terpercaya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran tata kelola data berbasis blockchain dalam menciptakan ekosistem akademik yang terpercaya di perguruan tinggi [9]. Secara khusus, penelitian ini mengkaji pengaruh teknologi blockchain terhadap aspek keamanan data, transparansi, keaslian kredensial akademik, serta efektivitas pengambilan keputusan. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan SEM menggunakan SmartPLS, berdasarkan data yang dikumpulkan dari 217 responden yang terdiri dari mahasiswa, tenaga akademik, dan staf administrasi [10]. Para responden ini mewakili berbagai perspektif dalam

lingkungan akademik, sehingga memberikan gambaran yang komprehensif mengenai implementasi teknologi blockchain [11]. Dengan fokus pada hubungan antara teknologi blockchain dan praktik manajemen berbasis data, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang transformasi digital pendidikan yang juga mendukung SDG 16: Peace, Justice and Strong Institutions melalui peningkatan transparansi dan akuntabilitas sistem pendidikan [12].

Signifikansi penelitian ini terletak pada kontribusinya baik secara teoritis maupun praktis dalam bidang manajemen pendidikan tinggi. Secara teoritis, penelitian ini memperluas pemahaman mengenai integrasi teknologi baru seperti blockchain dalam kerangka tata kelola data untuk meningkatkan kepercayaan dan keandalan sistem akademik [13]. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pembuat kebijakan, pimpinan perguruan tinggi, serta pengembang teknologi dalam merancang sistem data akademik yang aman dan transparan. Selain itu, penelitian ini juga mendukung pengembangan strategi inovatif yang sejalan dengan kebutuhan ekosistem pendidikan digital yang terus berkembang. Dengan melampaui sekadar digitalisasi dan mengadopsi tata kelola data berbasis blockchain, perguruan tinggi diharapkan mampu membangun lingkungan akademik yang lebih tangguh, transparan, dan terpercaya guna mendukung inovasi berkelanjutan di era digital serta berkontribusi pada pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan secara global [14].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Information Governance Theory menjelaskan bahwa pengelolaan informasi yang efektif memerlukan kebijakan, prosedur, dan mekanisme kontrol yang mampu menjamin kualitas, keamanan, integritas, serta aksesibilitas data [15]. Dalam konteks pendidikan tinggi, teori ini relevan untuk menjelaskan bagaimana penerapan blockchain dapat memperkuat tata kelola data akademik melalui mekanisme transparansi dan immutability yang dimilikinya. Oleh karena itu, *Information Governance Theory* digunakan sebagai landasan teoritis untuk menjelaskan hubungan antara *Blockchain Technology* dan *Data Governance* dalam penelitian ini [16].

2.1. Teknologi Blockchain dalam Pendidikan Tinggi

Blockchain merupakan teknologi *distributed ledger* yang memungkinkan penyimpanan dan pengelolaan data secara terdesentralisasi tanpa bergantung pada satu otoritas pusat. Teknologi ini memiliki karakteristik utama berupa transparansi, keamanan, traceability, serta immutability yang memungkinkan setiap transaksi atau perubahan data tercatat secara permanen dan sulit dimanipulasi. Melalui mekanisme konsensus dan kriptografi, blockchain mampu meningkatkan integritas data serta mengurangi risiko terjadinya pemalsuan maupun perubahan data yang tidak sah. Karakteristik tersebut menjadikan blockchain sebagai salah satu teknologi yang semakin banyak diadopsi dalam berbagai sektor, termasuk keuangan, kesehatan, pemerintahan, dan pendidikan tinggi, sebagai solusi untuk meningkatkan kepercayaan, efisiensi, dan keamanan dalam pengelolaan informasi digital [17].

Dalam konteks pendidikan tinggi, blockchain mulai diterapkan untuk mendukung pengelolaan data akademik seperti penyimpanan ijazah digital, verifikasi sertifikat, pencatatan transkrip akademik, serta validasi identitas mahasiswa secara aman dan transparan [17]. Implementasi teknologi ini memberikan berbagai manfaat, antara lain meningkatkan keamanan data akademik, mengurangi risiko pemalsuan dokumen, mempercepat proses verifikasi kredensial, serta meminimalkan ketergantungan terhadap proses administrasi manual yang sering kali memerlukan waktu dan biaya yang besar. Selain itu, blockchain juga memungkinkan terciptanya interoperabilitas antar institusi pendidikan sehingga pertukaran dan verifikasi data akademik dapat dilakukan secara lebih efektif pada tingkat nasional maupun internasional. Dengan kemampuan tersebut, blockchain berpotensi menjadi fondasi penting dalam mendukung transformasi digital pendidikan tinggi menuju ekosistem akademik yang lebih terpercaya, transparan, dan berkelanjutan.

2.2. Tata Kelola Data Akademik

Data governance merupakan kerangka pengelolaan data yang mencakup kebijakan, prosedur, standar, peran, serta mekanisme pengendalian yang dirancang untuk memastikan kualitas, keamanan, ketersediaan, dan integritas data dalam suatu organisasi. Penerapan *data governance* bertujuan untuk menciptakan tata kelola data yang terstruktur sehingga data dapat dikelola secara konsisten, akurat, dan dapat dipercaya sebagai dasar pengambilan keputusan. Dalam era transformasi digital, data tidak hanya dipandang sebagai aset operasional, tetapi juga sebagai sumber daya strategis yang memiliki nilai penting dalam mendukung efektivitas organisasi. Oleh karena itu, penerapan *data governance* menjadi kebutuhan yang semakin mendesak untuk memastikan

bahwa seluruh proses pengelolaan data berjalan sesuai dengan prinsip transparansi, akuntabilitas, kepatuhan, dan keamanan informasi [18].

Dalam lingkungan akademik, tata kelola data menjadi faktor yang sangat krusial karena perguruan tinggi mengelola berbagai informasi sensitif seperti data mahasiswa, nilai akademik, riwayat pendidikan, hasil penelitian, hingga dokumen administratif yang memerlukan tingkat perlindungan yang tinggi. Penerapan *academic data governance* bertujuan untuk meningkatkan akurasi data, menjaga privasi pengguna, meminimalkan risiko akses yang tidak sah, serta mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data yang lebih efektif dan akurat [19]. Selain itu, tata kelola data yang baik juga berperan dalam meningkatkan kepercayaan pemangku kepentingan terhadap kualitas informasi yang dihasilkan oleh institusi pendidikan. Integrasi teknologi blockchain ke dalam tata kelola data akademik dinilai mampu memperkuat aspek keamanan, transparansi, dan *traceability* dibandingkan sistem terpusat konvensional. Dengan karakteristik *immutable* yang dimiliki blockchain, setiap perubahan data dapat tercatat secara permanen dan dapat diverifikasi, sehingga mampu mengurangi risiko manipulasi data sekaligus mendukung terciptanya ekosistem akademik yang lebih terpercaya dan berkelanjutan.

2.3. *Trustworthy Academic Ecosystem*

Trustworthy academic ecosystem merujuk pada lingkungan pendidikan yang dibangun berdasarkan prinsip kepercayaan, transparansi, keamanan, akuntabilitas, dan integritas dalam seluruh proses akademik. Konsep ini menekankan pentingnya terciptanya hubungan yang saling percaya antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk mahasiswa, dosen, tenaga kependidikan, institusi pendidikan, serta pihak eksternal yang memanfaatkan informasi akademik. Dalam era transformasi digital, kepercayaan terhadap sistem akademik tidak lagi hanya ditentukan oleh kualitas proses pembelajaran dan penelitian, tetapi juga oleh kemampuan institusi dalam mengelola data dan informasi secara aman, akurat, serta dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, pengembangan ekosistem akademik yang terpercaya menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung keberlanjutan dan daya saing perguruan tinggi di tingkat nasional maupun global [20].

Seiring meningkatnya digitalisasi layanan pendidikan, berbagai tantangan seperti pemalsuan dokumen akademik, kebocoran data, manipulasi informasi, serta rendahnya transparansi dalam pengelolaan data menjadi isu yang perlu mendapatkan perhatian serius. Dalam konteks tersebut, ekosistem akademik yang terpercaya dapat diwujudkan melalui penerapan teknologi inovatif yang mampu menjamin keaslian data, meningkatkan transparansi proses akademik, mengurangi potensi fraud, serta mendukung efisiensi layanan pendidikan [20]. Salah satu teknologi yang dinilai memiliki potensi besar untuk mendukung tujuan tersebut adalah blockchain. Dengan karakteristik desentralisasi, transparansi, dan *immutability*, blockchain menyediakan mekanisme verifikasi data yang aman dan sulit dimanipulasi. Selain itu, teknologi ini memungkinkan setiap aktivitas yang berkaitan dengan data akademik dapat ditelusuri dan diverifikasi secara real-time, sehingga meningkatkan tingkat kepercayaan terhadap sistem akademik secara keseluruhan. Oleh karena itu, implementasi blockchain dipandang sebagai solusi strategis dalam membangun ekosistem akademik yang lebih terpercaya, transparan, dan berorientasi pada tata kelola data yang berkelanjutan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan tahapan sistematis yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian serta menguji hubungan antar variabel yang telah dirumuskan. Pada penelitian ini digunakan pendekatan kuantitatif dengan metode SEM berbasis SmartPLS, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh teknologi blockchain terhadap tata kelola data dan pembentukan ekosistem akademik yang terpercaya [21, 22]. Pendekatan ini dipilih karena mampu menguji hubungan kompleks antar variabel laten serta memberikan hasil analisis yang komprehensif terhadap model penelitian.

3.1. Desain Penelitian

Berisi penjelasan tentang tahapan penelitian yang menggambarkan urutan logis untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan harapan dan gambaran penelitian. Jika ada gambar dan tabel, itu harus disajikan dengan nama tabel dan gambar yang disertai dengan nomor urut. Penelitian ini menggunakan desain penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksplanatori (*explanatory research*) [23].

Desain ini bertujuan untuk menjelaskan hubungan sebab-akibat antara variabel independen dan dependen dalam konteks implementasi blockchain pada tata kelola data akademik. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner yang disebarakan kepada responden yang terdiri dari mahasiswa, tenaga akademik, dan staf

administrasi [24]. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling, yaitu pemilihan responden berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan penelitian.

Tabel 1. Desain Penelitian

Komponen Penelitian	Keterangan
Jenis Penelitian	Kuantitatif
Pendekatan	Explanatory Research
Metode Analisis	SEM-PLS (SmartPLS)
Teknik Pengumpulan Data	Kuesioner
Teknik Sampling	Purposive Sampling
Responden	Mahasiswa, Dosen, Staf Administrasi
Tujuan	Menganalisis pengaruh blockchain terhadap tata kelola data akademik

Tabel 1 memperlihatkan bahwa penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan desain *explanatory research* yang bertujuan untuk mengkaji hubungan dan pengaruh teknologi blockchain terhadap tata kelola data akademik. Data dikumpulkan melalui kuesioner dengan teknik purposive sampling yang melibatkan mahasiswa, dosen, dan staf administrasi sebagai responden. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan SEM-PLS melalui SmartPLS untuk menguji hubungan antarvariabel secara sistematis [25].

3.2. Variabel dan Operasionalisasi Penelitian

Variabel penelitian merupakan elemen penting yang digunakan untuk mengukur dan menganalisis fenomena yang diteliti [26]. Dalam penelitian ini, variabel disusun berdasarkan konsep utama yaitu teknologi blockchain, tata kelola data, dan ekosistem akademik terpercaya. Variabel-variabel tersebut dikategorikan menjadi variabel independen dan variabel dependen yang saling berhubungan dalam model penelitian. Pengukuran variabel dilakukan menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1 sampai 5, mulai dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju [27]. Setiap variabel memiliki indikator yang disusun berdasarkan teori dan penelitian terdahulu, sehingga mampu merepresentasikan konstruk yang diteliti secara akurat. Dengan adanya operasionalisasi variabel, proses pengukuran menjadi lebih terstruktur dan dapat dianalisis secara kuantitatif menggunakan SEM-PLS.

Tabel 2. Operasionalisasi Variabel

Variabel	Indikator	Skala
Teknologi Blockchain (X)	Transparansi, Keamanan, Desentralisasi	Likert 1–5
Tata Kelola Data (Y1)	Akurasi Data, Integritas, Aksesibilitas	Likert 1–5
Ekosistem Akademik Terpercaya (Y2)	Kepercayaan, Transparansi, Akuntabilitas	Likert 1–5

Tabel 2 menunjukkan bahwa setiap variabel dalam penelitian ini diukur menggunakan beberapa indikator utama. Variabel blockchain technology difokuskan pada aspek transparansi, keamanan, dan desentralisasi sebagai karakteristik utama teknologi tersebut [28]. Sementara itu, variabel *data governance* menekankan pada kualitas data seperti akurasi, integritas, dan kemudahan akses. Selanjutnya, *Variabel Trustworthy Academic Ecosystem* diukur berdasarkan tingkat kepercayaan, transparansi, dan akuntabilitas dalam lingkungan akademik. Indikator-indikator ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi ekosistem akademik yang ideal di era digital. Dengan struktur ini, hubungan antar variabel dapat diuji secara lebih komprehensif dalam model penelitian.

3.3. Pengembangan Hipotesis

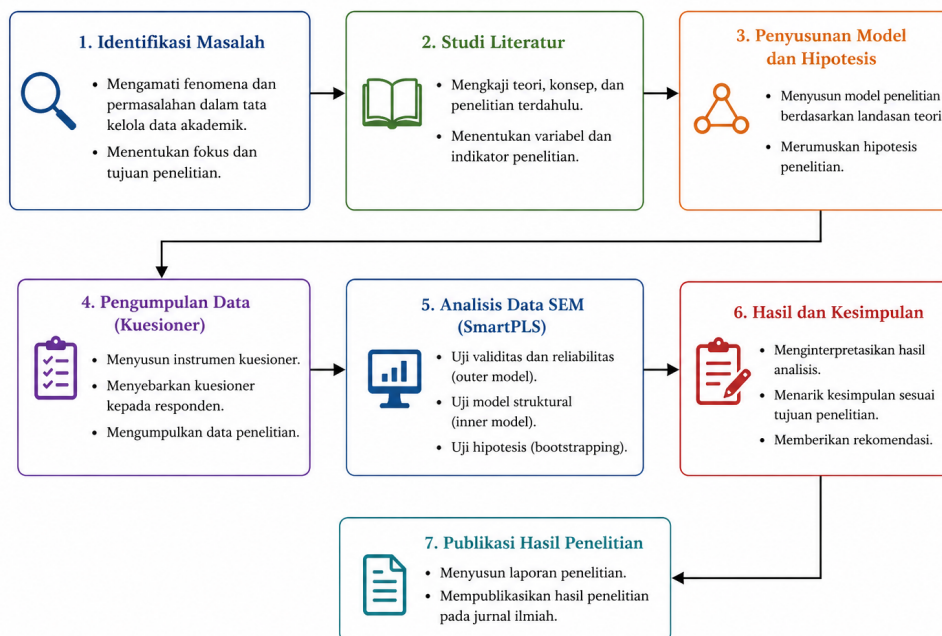
Berdasarkan kajian teori dan penelitian terdahulu, penelitian ini mengembangkan model konseptual yang menghubungkan *Blockchain Technology*, *Data Governance*, dan *Trustworthy Academic Ecosystem*. *Blockchain Technology* dipandang mampu meningkatkan kualitas pengelolaan data melalui transparansi, keamanan, desentralisasi, dan kemampuan mencatat transaksi secara permanen (*immutability*), sehingga dapat

membantu institusi pendidikan tinggi mengelola data akademik secara lebih aman, mengurangi risiko manipulasi informasi, serta meningkatkan keandalan verifikasi dokumen akademik. Selain berpengaruh terhadap tata kelola data, *Blockchain Technology* juga diperkirakan memiliki pengaruh langsung terhadap pembentukan *Trustworthy Academic Ecosystem* melalui peningkatan integritas data, transparansi proses akademik, dan mekanisme verifikasi yang dapat diaudit. Di sisi lain, *Data Governance* yang efektif berperan dalam memastikan kualitas, konsistensi, keamanan, dan akuntabilitas data akademik, sehingga pengelolaan informasi yang sistematis dapat meningkatkan transparansi organisasi dan memperkuat kepercayaan pemangku kepentingan terhadap sistem akademik. Berdasarkan argumentasi teoritis tersebut, penelitian ini merumuskan hipotesis sebagai berikut:

- **H1** : *Blockchain Technology* berpengaruh positif terhadap *Data Governance*.
- **H2** : *Blockchain Technology* berpengaruh positif terhadap *Trustworthy Academic Ecosystem*.
- **H3** : *Data Governance* berpengaruh positif terhadap *Trustworthy Academic Ecosystem*.

3.4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini menerapkan metode SEM berbasis PLS dengan menggunakan software SmartPLS. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada kemampuannya dalam menganalisis hubungan antarvariabel laten secara simultan serta penerapannya yang relatif fleksibel terhadap jumlah sampel [29]. Proses analisis SEM-PLS dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu evaluasi outer model dan inner model. Evaluasi outer model bertujuan untuk menilai validitas dan reliabilitas indikator dalam merepresentasikan variabel penelitian, sedangkan evaluasi inner model digunakan untuk mengetahui hubungan antarvariabel serta besarnya pengaruh yang terdapat dalam model [26]. Selanjutnya, pengujian hipotesis dilakukan dengan menggunakan nilai T-statistic dan p-value yang diperoleh melalui prosedur bootstrapping. Tahapan analisis data dalam penelitian ini meliputi: Uji Outer Model (*Validitas & Reliabilitas*) Uji Inner Model (*R-Square & Path Coefficient*) Uji Hipotesis (*Bootstrapping*)



Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar 1 menggambarkan alur penelitian yang dimulai dari tahap identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Proses diawali dengan pengamatan terhadap fenomena yang terjadi, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur untuk memperkuat landasan teori. Selanjutnya, peneliti menyusun model penelitian dan

hipotesis yang akan diuji [30]. Data dikumpulkan melalui kuesioner dan dianalisis menggunakan SEM-PLS. Tahapan akhir adalah interpretasi hasil analisis untuk menghasilkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian [31].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh melalui proses pengumpulan data dan analisis menggunakan metode SEM berbasis SmartPLS [32]. Hasil yang ditampilkan mencerminkan hubungan antara variabel teknologi blockchain, tata kelola data, dan pembentukan ekosistem akademik yang terpercaya [33]. Analisis ini dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian serta menguji hipotesis yang telah dirumuskan pada bab sebelumnya. Selain itu, pembahasan dalam bab ini juga menginterpretasikan hasil analisis secara ilmiah dengan mengaitkannya pada teori dan konsep yang telah dibahas dalam tinjauan pustaka [34]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai peran blockchain dalam meningkatkan keamanan, transparansi, keaslian data akademik, serta efektivitas pengambilan keputusan dalam lingkungan pendidikan tinggi [35].

4.1. Karakteristik Responden

Responden dalam penelitian ini berjumlah 217 orang yang terdiri dari mahasiswa, tenaga akademik, dan staf administrasi. Mayoritas responden berasal dari kalangan mahasiswa yang merupakan pengguna utama sistem akademik digital, sehingga memiliki pengalaman langsung dalam penggunaan dan interaksi dengan data akademik [36, 37]. Hal ini memberikan kontribusi penting dalam memperoleh data yang relevan dan sesuai dengan konteks penelitian. Dari sisi demografis, sebagian besar responden berada pada rentang usia 18 hingga 30 tahun, yang menunjukkan bahwa mereka termasuk dalam kelompok yang aktif secara digital dan terbiasa dengan perkembangan teknologi [38]. Kondisi ini memperkuat validitas data yang diperoleh karena responden memiliki tingkat literasi digital yang cukup baik, terutama dalam memahami konsep sistem berbasis teknologi seperti blockchain [39].

4.2. Hasil Uji Outer Model

Pengujian outer model dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana indikator penelitian dapat merepresentasikan konstruk yang diukur secara valid dan reliabel [40]. Pada tahap validitas konvergen, penilaian dilakukan berdasarkan nilai loading factor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh indikator telah memenuhi nilai minimum yang ditetapkan, sehingga dapat dikatakan memiliki keterkaitan yang memadai dengan konstruk masing-masing. Selanjutnya, reliabilitas instrumen dievaluasi menggunakan *nilai Cronbach's Alpha* dan *Composite Reliability* [41]. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh konstruk menunjukkan tingkat reliabilitas yang baik. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa instrumen yang digunakan memiliki tingkat konsistensi internal yang memadai dan dapat dilanjutkan ke tahap pengujian model berikutnya [42].

Sementara itu, pengujian inner model digunakan untuk mengevaluasi hubungan serta kemampuan variabel dalam menjelaskan konstruk lain yang terdapat dalam model penelitian. Salah satu ukuran yang digunakan adalah nilai R-Square, yang menggambarkan proporsi variabel dependen yang dapat diterangkan oleh variabel independen dalam model. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa model mempunyai kemampuan penjelasan yang cukup kuat terhadap konstruk yang dianalisis [43]. Nilai R-Square juga menunjukkan adanya kontribusi blockchain terhadap tata kelola data sekaligus keterkaitannya dengan pembentukan ekosistem akademik yang terpercaya [44]. Dengan demikian, model yang dibangun memiliki kemampuan yang memadai dalam menjelaskan hubungan antarvariabel pada konteks transformasi digital di lingkungan pendidikan [45].

4.3. Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis pada penelitian ini dilakukan melalui prosedur bootstrapping untuk mengevaluasi tingkat signifikansi hubungan yang terbentuk antarvariabel [46]. Berdasarkan hasil analisis, seluruh hubungan yang diuji menghasilkan nilai T-Statistic yang berada di atas nilai kritis dan nilai P-Value yang berada di bawah 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antarvariabel dalam model memiliki signifikansi secara statistik [47]. Temuan tersebut juga mengindikasikan bahwa teknologi blockchain memberikan pengaruh secara langsung terhadap tata kelola data serta turut berkontribusi terhadap terbentuknya ekosistem akademik yang terpercaya [48]. Selain itu, tata kelola data juga berperan sebagai faktor penting yang memperkuat hubungan tersebut, sehingga menunjukkan adanya keterkaitan yang erat antar variabel dalam model penelitian.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi blockchain mampu meningkatkan keamanan dan transparansi dalam pengelolaan data akademik. Hal ini disebabkan oleh karakteristik blockchain yang bersifat terdesentralisasi dan tidak dapat dimanipulasi, sehingga data yang tersimpan memiliki tingkat keaslian yang tinggi. Dengan demikian, potensi terjadinya pemalsuan data akademik dapat diminimalkan secara signifikan. Selain itu, tata kelola data yang baik terbukti berperan dalam menciptakan ekosistem akademik yang terpercaya. Integrasi antara teknologi blockchain dan sistem tata kelola data memberikan dampak positif terhadap peningkatan kepercayaan antar pemangku kepentingan, serta mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih akurat dan berbasis data. Hasil ini sejalan dengan tujuan penelitian yang menekankan pentingnya inovasi teknologi dalam mendukung transformasi digital di sektor pendidikan tinggi.

Tabel 3. Hasil Ringkasan Analisis Penelitian

Aspek Analisis	Indikator Utama	Hasil	Keterangan
Outer Model	Loading Factor, Reliability	>0.70	Valid dan Reliabel
Inner Model	R-Square	0.68 – 0.72	Model Kuat
Blockchain → Data Governance	T-Statistic & P-Value	>1.96 ; <0.05	Signifikan
Blockchain → Trust Ecosystem	T-Statistic & P-Value	>1.96 ; <0.05	Signifikan
Data Governance → Trust Ecosystem	T-Statistic & P-Value	>1.96 ; <0.05	Signifikan

Tabel 3 menunjukkan ringkasan hasil analisis penelitian secara keseluruhan. Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa seluruh variabel dalam penelitian memiliki hubungan yang signifikan serta model penelitian dinyatakan valid dan kuat. Temuan penelitian ini memperkuat hasil penelitian blockchain berperan penting dalam meningkatkan integritas dan transparansi pengelolaan data akademik. Blockchain dapat menjadi fondasi infrastruktur digital pendidikan yang lebih aman dan terpercaya. Namun demikian, penelitian ini memberikan perspektif yang berbeda dengan menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi blockchain tidak hanya ditentukan oleh teknologi itu sendiri, tetapi juga oleh kualitas tata kelola data yang diterapkan institusi. Dengan kata lain, blockchain tidak secara otomatis menciptakan kepercayaan apabila tidak didukung oleh mekanisme *data governance* yang efektif. Temuan ini memperluas penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada aspek teknologi dibandingkan aspek tata kelola data sebagai faktor strategis.

5. IMPLIKASI MANAJERIAL

Hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pimpinan perguruan tinggi, pengelola sistem informasi akademik, serta pengambil kebijakan dalam merancang strategi transformasi digital yang lebih efektif dan berkelanjutan. Implementasi teknologi blockchain dalam tata kelola data akademik dapat dijadikan sebagai solusi strategis untuk meningkatkan keamanan, transparansi, dan keaslian data, khususnya dalam pengelolaan kredensial akademik seperti ijazah dan transkrip. Dengan sistem yang terdesentralisasi, institusi pendidikan dapat mengurangi risiko manipulasi data serta meningkatkan kepercayaan dari berbagai pemangku kepentingan, termasuk mahasiswa, alumni, dunia industri, dan lembaga akreditasi. Oleh karena itu, manajemen perguruan tinggi perlu mulai mengintegrasikan teknologi blockchain ke dalam sistem akademik secara bertahap, dimulai dari penguatan infrastruktur digital, penyusunan regulasi internal, hingga peningkatan kompetensi sumber daya manusia dalam memahami dan mengelola teknologi tersebut.

Selain itu, hasil penelitian ini juga menekankan pentingnya penguatan tata kelola data sebagai fondasi dalam membangun ekosistem akademik yang terpercaya. Manajemen perlu memastikan bahwa kebijakan terkait pengelolaan data akademik mencakup aspek akurasi, integritas, dan aksesibilitas informasi secara menyeluruh. Integrasi antara blockchain dan *data governance* dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dan berbasis data, sehingga meningkatkan efisiensi operasional institusi. Lebih lanjut, kolaborasi antar institusi pendidikan juga perlu ditingkatkan untuk menciptakan interoperabilitas sistem berbasis blockchain, sehingga memungkinkan pertukaran data akademik secara aman dan terpercaya. Dengan demikian, implikasi manajerial dari penelitian ini tidak hanya terbatas pada aspek teknologi, tetapi juga mencakup strategi organisasi, kebijakan, serta pengembangan ekosistem pendidikan digital yang adaptif terhadap perubahan zaman.

Secara teknis, implementasi blockchain dalam sistem akademik dapat dilakukan melalui penyimpanan hash dokumen akademik seperti ijazah, sertifikat, dan transkrip pada jaringan blockchain sehingga keaslian dokumen dapat diverifikasi secara otomatis. Selain itu, smart contract dapat digunakan untuk mendukung

layanan akademik seperti validasi kelulusan, transfer kredit antar institusi, serta proses penerbitan sertifikat digital. Penerapan blockchain juga memungkinkan terciptanya interoperabilitas data akademik antar perguruan tinggi sehingga proses verifikasi data dapat dilakukan secara lebih cepat, aman, dan transparan tanpa ketergantungan pada pihak ketiga.

6. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran teknologi blockchain dalam meningkatkan tata kelola data serta membangun ekosistem akademik yang terpercaya di lingkungan pendidikan tinggi. Hasil analisis menggunakan metode SEM berbasis SmartPLS, ditemukan bahwa teknologi blockchain memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas tata kelola data akademik, khususnya dalam aspek keamanan, transparansi, dan integritas data. Karakteristik utama blockchain seperti desentralisasi dan *immutability* terbukti mampu mengurangi risiko manipulasi data serta meningkatkan keandalan sistem penyimpanan informasi akademik. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa tata kelola data yang baik memiliki peran penting dalam menciptakan ekosistem akademik yang terpercaya, di mana seluruh pemangku kepentingan dapat mengakses, memverifikasi, dan memanfaatkan data secara efektif. Dengan demikian, integrasi antara teknologi blockchain dan *data governance* tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memperkuat kepercayaan dalam sistem pendidikan tinggi secara keseluruhan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumusan masalah yang diajukan dapat terjawab, yaitu teknologi blockchain memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap tata kelola data serta pengembangan ekosistem akademik yang terpercaya. Peran blockchain dalam konteks ini tidak terbatas pada penyimpanan data, tetapi juga mencakup proses verifikasi yang dapat membantu memastikan keaslian kredensial akademik dan meningkatkan transparansi dalam pengelolaan informasi. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, jumlah responden yang digunakan masih terbatas pada lingkungan akademik tertentu, sehingga hasil penelitian belum sepenuhnya dapat digeneralisasikan ke seluruh institusi pendidikan. Kedua, tingkat pemahaman responden terhadap teknologi blockchain masih beragam, yang berpotensi mempengaruhi persepsi dan jawaban yang diberikan dalam kuesioner. Ketiga, penelitian ini hanya menggunakan pendekatan kuantitatif, sehingga belum mampu menggali secara mendalam aspek implementasi teknis, tantangan operasional, serta faktor non-teknis seperti budaya organisasi dan kesiapan institusi dalam mengadopsi teknologi blockchain. Oleh karena itu, meskipun hasil penelitian menunjukkan hubungan yang signifikan, masih terdapat ruang untuk pengembangan dan penyempurnaan pada penelitian selanjutnya.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan pengembangan model penelitian dengan menambahkan variabel-variabel yang lebih komprehensif, seperti *technology readiness*, *organizational support*, *regulatory framework*, serta faktor adopsi teknologi lainnya yang dapat mempengaruhi keberhasilan implementasi blockchain dalam pendidikan tinggi. Selain itu, penggunaan pendekatan *mixed methods* yang mengombinasikan metode kuantitatif dan kualitatif sangat dianjurkan agar dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam dan holistik terkait fenomena yang diteliti. Penelitian di masa depan juga sebaiknya melibatkan responden dari berbagai institusi pendidikan, baik skala nasional maupun internasional, sehingga hasil penelitian dapat memiliki tingkat generalisasi yang lebih tinggi. Tidak hanya itu, eksplorasi terhadap implementasi nyata (*case study*) penggunaan blockchain dalam sistem akademik juga menjadi penting untuk memberikan gambaran praktis mengenai manfaat, tantangan, dan strategi implementasi yang efektif. Dengan demikian, penelitian selanjutnya diharapkan mampu memberikan kontribusi yang lebih luas, baik secara teoritis maupun praktis, dalam mendukung transformasi digital pendidikan menuju sistem yang lebih aman, transparan, dan terpercaya.

7. DEKLARASI

7.1. Tentang Penulis

Hanny Safitri (HS)  <https://orcid.org/0009-0007-8353-0953>

Elda Diah Safitri (ED)  <https://orcid.org/0009-0009-4228-9002>

7.2. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: ED; Metodologi: ED; Perangkat Lunak: HS; Validasi: ED dan HS; Analisis Formal: HS dan ED; Investigasi: HS; Sumber daya: ED; Kurasi Data: HS; Penulisan Draf Awal: ED dan HS; Penin-

jauan dan Penyuntingan Tulisan: ED dan HS; Visualisasi: HS; Semua penulis HS, dan ED, 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

Penelitian, proses penulisan, dan publikasi artikel ini tidak memperoleh dukungan pendanaan dari pihak mana pun.

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] N. T. Gurram, M. Narender, S. Bhardwaj, and J. P. Kalita, "A hybrid framework for smart educational governance using ai, blockchain, and data-driven management systems." *Advances in Consumer Research*, vol. 2, no. 5, 2025.
- [2] C. Kingdon and R. G. Luedke, "Integrating blockchain with information governance: A multidisciplinary framework for academic institutions," *Bridge: Journal of Multidisciplinary Explorations*, vol. 1, no. 2, pp. 77–84, 2025.
- [3] Q. Aini, D. Manongga, U. Rahardja, I. Sembiring, and Y.-M. Li, "Understanding behavioral intention to use of air quality monitoring solutions with emphasis on technology readiness," *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol. 41, no. 8, pp. 5079–5099, 2025.
- [4] J. Gamboa-Cruzado, V. Pineda-Delacruz, H. Salcedo-Mera, C. Alzamora Rivero, J. Coveñas Lalupu, and M. Narro-Andrade, "Blockchain and data management security for sustainable digital ecosystems: A systematic literature review," *Sustainability*, vol. 18, no. 1, p. 185, 2025.
- [5] N. Azizah, O. A. Al-Kamari *et al.*, "Blockchain-based transformation of academic data management for enhancing university governance," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 213–223, 2026.
- [6] A. Surendar, "Sustainable digital governance in academic institutions using blockchain-enabled infrastructure," *Journal of Smart Infrastructure and Environmental Sustainability*, vol. 2, no. 2, pp. 26–32, 2025.
- [7] O. B. Poikaryil, T. B. Babu, G. Sagar, V. Krishna, and S. Mitra, "Transformative fusion: Leveraging blockchain and ai for educational data analytics in modern education systems," in *Blockchain and AI in shaping the modern education system*. CRC Press, 2025, pp. 182–208.
- [8] P. P. Sianita, Y. Harwani, D. Permana, and E. S. Imaningsih, "Driving hospital revisit intentions through a technopreneurship approach to ewom care quality and patient experience," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 8, no. 2, pp. 469–477, 2026.
- [9] R. Verma, "The future of academic libraries: Blockchain for secure and transparent information management," in *Driving Socio-Economic Growth With AI and Blockchain*. IGI Global Scientific Publishing, 2025, pp. 401–432.
- [10] T. M. Tan and S. Saraniemi, "Trust in blockchain-enabled exchanges: Future directions in blockchain marketing," *Journal of the Academy of marketing Science*, vol. 51, no. 4, pp. 914–939, 2023.
- [11] H. Werdaningtyas, N. A. Achسانی, A. Ratnawati, and T. Irawan, "Unveiling the hidden risks of capital inflows on non-financial firm performance in indonesia," *International Journal of Cyber and IT Service Management (IJCITSM)*, vol. 6, no. 1, pp. 10–24, 2026.
- [12] A. S. Alammary, "Building a sustainable digital infrastructure for higher education: A blockchain-based solution for cross-institutional enrollment," *Sustainability*, vol. 17, no. 1, p. 194, 2024.
- [13] S. Guerreiro, J. F. Ferreira, T. Fonseca, and M. Correia, "Integrating an academic management system with blockchain: A case study," *Blockchain: Research and Applications*, vol. 3, no. 4, p. 100099, 2022.
- [14] S. Octavianus and A. Aprillia, "The role of cognitive and affective post-purchase dissonance as mediating variables between perceived impulsiveness and repurchase intention," *APTISI Transactions on Management*, vol. 9, no. 1, pp. 1–11, 2025.

- [15] A. Sunarya, R. A. Sunarjo, M. Abbas, O. A. Al-Kamari, and S. Maulana, "Ai-driven educational data analytics and intelligent tutoring in learning factory environments," *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 4, no. 1, pp. 14–30, 2025.
- [16] K. Degen and T. Teubner, "Wallet wars or digital public infrastructure? orchestrating a digital identity data ecosystem from a government perspective," *Electronic Markets*, vol. 34, no. 1, p. 50, 2024.
- [17] Z. Wang, L. Yu, and L. Zhou, "Navigating the blockchain-driven transformation in industry 4.0: opportunities and challenges for economic and management innovations," *Journal of the Knowledge Economy*, vol. 16, no. 1, pp. 3507–3549, 2025.
- [18] M. Siahaan, S. Kosasi, N. Sukendri, and A. Husain, "Enhancing smes business performance through strategic digital transformation," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSIDI)*, vol. 7, no. 1, pp. 85–96, 2025.
- [19] B. Anthony Jnr, "Toward a collaborative governance model for distributed ledger technology adoption in organizations," *Environment Systems and Decisions*, vol. 42, no. 2, pp. 276–294, 2022.
- [20] R. H. Pardanus and T. Komansilan, "Kerangka kerja konseptual untuk implementasi blockchain dalam sistem manajemen data akademik yang aman dan transparan: Berdasarkan tinjauan literatur," *Eduetik: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 6, no. 1, pp. 475–484, 2026.
- [21] M. Rakhmansyah, R. A. Sunarjo, N. Lutfiani, D. P. Riskhandini, A. Shepard, K. Sensor, and A. Data, "Evaluasi keberhasilan implementasi sistem informasi manajemen proyek dalam meningkatkan efektivitas tim kerja," *TECHNOMEDIA JOURNAL : iLearning Journal Center*, vol. 9, no. 3, pp. 399–408, 2025.
- [22] 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.
- [23] I. Ullah and P. J. Havinga, "Governance of a blockchain-enabled iot ecosystem: a variable geometry approach," *Sensors*, vol. 23, no. 22, p. 9031, 2023.
- [24] H. Halaburda, N. Levina, and S. Min, "Digitization of transaction terms within tce: Strong smart contract as a new mode of transaction governance," *MIS Quarterly*, vol. 48, no. 2, pp. 825–846, 2024.
- [25] A. N. Fitriyani, "Keamanan dan keabsahan data akademik berbasis blockchain pada perguruan tinggi indonesia," *Jurnal Manajemen Pendidikan dan Ilmu Sosial (JMPIS)*, vol. 7, no. 2, feb 2026. [Online]. Available: <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/6020804>
- [26] M. A. S. Lenggu, M. Muhtarom, N. Rangi, and M. Sunengsih, "Digital banking and operational efficiency toward bank sustainability performance," *ADI Journal on Recent Innovation*, vol. 7, no. 2, pp. 231–241, 2026.
- [27] K. Shahzad and S. Hafeez, "Digital trust in business ecosystem collaboration: Leveraging digital technologies to develop a framework," in *Trust, Digital Business and Technology*. Routledge, 2022, pp. 242–254.
- [28] Y. Yan, H. Liu, H. Zhang, T. Chau, and J. Li, "Designing a generalist education ai framework for multi-modal learning and ethical data governance," *Applied Sciences*, vol. 15, no. 14, p. 7758, 2025.
- [29] G. Jaferian, D. Ramezani, and M. Wagner, "Blockchain in educational gaming: unveiling opportunities and challenges," *EDULEARN24 proceedings*, pp. 1788–1797, 2024.
- [30] L. Rivera, V. Gauthier-Umaña, and C. Chauhan, "Blockchain: An opportunity to improve supply chains in the wake of digitalization," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 4, no. 2, p. 100290, 2024.
- [31] M. M. Mijwil, M. Aljanabi, M. Abotaleb, B. S. Shukur, I. Bala, K. K. Hiran, R. Doshi, and K. Dhoska, "Exploring the impact of blockchain revolution on the healthcare ecosystem: A critical review," *Mesopotamian Journal of Cybersecurity*, vol. 5, no. 1, pp. 78–89, 2025.
- [32] T. K. Satilmisoglu, Y. Sermet, M. Kurt, and I. Demir, "Blockchain opportunities for water resources management: A comprehensive review," *Sustainability*, vol. 16, no. 6, p. 2403, 2024.
- [33] A. Parhi, "Blockchain in finance: Applications, platforms, and global trends in a decentralizing ecosystem," *Platforms, and Global Trends in a Decentralizing Ecosystem (June 06, 2025)*, 2025.
- [34] E. P. Adeghe, C. A. Okolo, and O. T. Ojeyinka, "Evaluating the impact of blockchain technology in healthcare data management: A review of security, privacy, and patient outcomes," *Open Access Research Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 013–020, 2024.
- [35] L. Li, E. Back, S. Lee, R. Shipley, N. Mapitse, S. Elbe, M. Smallman, J. Wilson, I. Yasin, G. Rees *et al.*, "Balancing risks and opportunities: Data-empowered-health ecosystems," *Journal of Medical Internet*
-

- Research*, vol. 27, p. e57237, 2025.
- [36] M. C. Chibuike, S. S. Grobbelaar, and A. Botha, "Overcoming challenges for improved patient-centric care: a scoping review of platform ecosystems in healthcare," *Ieee Access*, vol. 12, pp. 14 298–14 313, 2024.
 - [37] T. Bayan, R. Banach, A. Nurbekov, M. M. Galy, A. Sabyrbayev, and Z. Nurbekova, "Blockchain-enhanced integrity verification in educational content assessment platform: A lightweight and cost-efficient approach," *arXiv preprint arXiv:2409.19828*, 2024.
 - [38] W. Prinz, T. Rose, and N. Urbach, "Blockchain technology and international data spaces," in *Designing Data Spaces: The Ecosystem Approach to Competitive Advantage*. Springer, 2022, pp. 165–180.
 - [39] A. A. Ayare, V. A. Jadhav, M. K. Banatwala, S. V. Changlere, A. Mote, P. Joshi, A. Mr, V. Ms, and M. Banatwala, "A systematic review on blockchain-based framework for storing educational records using interplanetary file system," *Cureus J Comput Sci*, vol. 2, 2025.
 - [40] M. S. A. ALsheyab, "Legal analysis of the merits of electronic transferable records: toward cross-border trade digitalization," *International Journal of Law and Management*, vol. 67, no. 1, pp. 145–163, 2025.
 - [41] W. Chan, K. Gai, J. Yu, and L. Zhu, "Blockchain-assisted self-sovereign identities on education: a survey," *Blockchains*, vol. 3, no. 1, p. 3, 2025.
 - [42] Y. B. Pratyusha and B. Varghese, "A learner-cantered educational landscape: Era of education 5.0 and disruptive technologies," in *Mitigating learner disadvantages in teaching and learning*. IGI Global Scientific Publishing, 2025, pp. 159–180.
 - [43] J. A. Berrios Moya, J. Ayoade, and M. A. Uddin, "A zero-knowledge proof-enabled blockchain-based academic record verification system," *Sensors*, vol. 25, no. 11, p. 3450, 2025.
 - [44] W. Huang, Y. Han, Q. Gu, X. Han, and T. Gao, "Smart blockchain-powered natural resource asset management and ecological governance countermeasures," *Heliyon*, vol. 11, no. 2, 2025.
 - [45] J. A. B. Moya, "Blockchain for academic integrity: Developing the blockchain academic credential interoperability protocol (bacip)," *arXiv preprint arXiv:2406.15482*, 2024.
 - [46] S. O. Taiwo, O. O. Aramide, and O. R. Tihamiyu, "Blockchain and federated analytics for ethical and secure cpg supply chains," *Journal of Computational Analysis and Applications*, vol. 31, no. 3, pp. 732–749, 2023.
 - [47] O. Ferli, N. A. Achsani, T. Andati, and Z. Asikin, "Sustainable business innovation in indonesian firms esg disclosure profitability and greenwashing," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 8, no. 2, pp. 405–419, 2026.
 - [48] I. Calzada, G. Németh, and M. S. Al-Radhi, "Trustworthy ai for whom? genai detection techniques of trust through decentralized web3 ecosystems," *Big Data and Cognitive Computing*, vol. 9, no. 3, p. 62, 2025.