

PENGEMBANGAN PLATFORM E-LEARNING TERDESENTRALISASI BERBASIS BLOCKCHAIN UNTUK PENDIDIKAN JARAK JAUH

Basri¹, Muhammad Iqbal²

e-mail: basri@unigha.ac.id, iqbalunigha31@gmail.com

¹ Universitas Jabal Ghafur, Sigli, Indonesia

² Universitas Bina Bangsa Getsempena, Banda Aceh, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan platform e-learning terdesentralisasi berbasis blockchain untuk pendidikan Islam jarak jauh. Menggunakan pendekatan Design-Based Research, platform diimplementasikan dengan Hyperledger Fabric dan smart contracts untuk meningkatkan keamanan, transparansi, dan integritas proses akademik. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan dalam kinerja sistem, dengan throughput 500 transaksi/detik dan latency 1.5 detik. Evaluasi usability menghasilkan skor SUS 85.3, menandakan penerimaan tinggi oleh pengguna. Analisis menggunakan model UTAUT2 yang dimodifikasi mengungkapkan bahwa ekspektasi kinerja dan kesesuaian dengan nilai Islam adalah faktor utama yang mempengaruhi adopsi. Dampak pedagogis terlihat dari peningkatan hasil belajar dibandingkan metode konvensional. Integrasi nilai-nilai Islam dinilai berhasil oleh panel ahli dengan skor 4.7 dari 5. Kesimpulannya, platform ini berhasil memenuhi kebutuhan spesifik pendidikan Islam jarak jauh, meningkatkan keamanan dan transparansi, serta memberikan dampak positif terhadap proses dan hasil pembelajaran.

Kata Kunci: E-Learning, Blockchain, Pendidikan Islam Jarak Jauh

Abstract

This research develops a decentralized blockchain-based e-learning platform for Islamic distance education. Utilizing a Design-Based Research approach, the platform is implemented with Hyperledger Fabric and smart contracts to enhance security, transparency, and academic process integrity. Results demonstrate significant system performance improvements, achieving a throughput of 500 transactions per second with a latency of 1.5 seconds. Usability evaluation yielded a System Usability Scale (SUS) score of 85.3, indicating high user acceptance. Analysis using a modified UTAUT2 model revealed that performance expectancy and Islamic value compatibility are the primary factors influencing adoption. Pedagogical impact is evidenced by improved learning outcomes compared to conventional methods. The integration of Islamic values was successfully validated by an expert panel with a score of 4.7 out of 5. In conclusion, the platform effectively meets the specific requirements of Islamic distance education, enhances security and transparency, and demonstrates positive impacts on both learning processes and outcomes.

Keywords: E-Learning, blockchain, Islamic Distance Education

Pendahuluan

Pendidikan Islam jarak jauh telah mengalami perkembangan signifikan, terutama seiring dengan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi. Fenomena ini semakin diperkuat oleh pandemi COVID-19 yang memaksa institusi pendidikan untuk beradaptasi dengan cepat terhadap pembelajaran online (Addiani, 2023). Meskipun e-learning telah menjadi solusi yang efektif, platform konvensional masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam konteks pendidikan Islam yang memiliki kebutuhan spesifik terkait konten, etika, dan nilai-nilai keislaman.

Salah satu masalah utama dalam e-learning konvensional adalah keamanan dan privasi data. Saberi et al. (Maharani, 2023) menyoroti bahwa platform e-learning sering menjadi target serangan siber, yang dapat mengakibatkan kebocoran data sensitif peserta didik dan materi pembelajaran. Hal ini sangat krusial dalam konteks pendidikan Islam, di mana beberapa materi mungkin bersifat sensitif atau memerlukan perlindungan khusus.

Selain itu, transparansi dan integritas dalam penilaian dan sertifikasi juga menjadi perhatian. Ocheja et al. (Baev, 2020) mengungkapkan bahwa sistem e-learning tradisional sering kali menghadapi kesulitan dalam memverifikasi keaslian sertifikat dan kredensial akademik, yang dapat menimbulkan masalah kepercayaan dan akuntabilitas. Teknologi blockchain muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Blockchain, dengan karakteristiknya yang terdesentralisasi, transparan, dan aman, menawarkan peluang inovatif dalam pengembangan platform e-learning (Alizadeh, 2023). Penerapan teknologi ini dalam konteks pendidikan Islam jarak jauh dapat meningkatkan keamanan data peserta didik, menjamin integritas konten pembelajaran, dan memungkinkan verifikasi kredensial yang lebih efisien.

Beberapa penelitian telah menunjukkan potensi blockchain dalam pendidikan. Misalnya, Chen et al. (Septianzah, 2021) mengeksplorasi aplikasi blockchain untuk manajemen catatan akademik dan verifikasi sertifikat. Sementara itu, Gräther et al. (Ali, 2023) mengusulkan konsep "paspor pembelajaran seumur hidup" berbasis blockchain. Namun, sebagian besar penelitian ini berfokus pada pendidikan umum dan belum secara spesifik membahas kebutuhan unik pendidikan Islam.

Di sinilah muncul gap penelitian yang signifikan. Meskipun ada potensi besar, penelitian tentang penggunaan blockchain dalam e-learning untuk pendidikan Islam masih sangat terbatas. Wahab et al. (Bongomin, 2020) dalam tinjauan sistematis mereka tentang platform e-learning berbasis blockchain, mengidentifikasi kurangnya studi yang membahas aspek-aspek khusus dari pendidikan berbasis agama, termasuk pendidikan Islam.

Lebih lanjut, Al-Rahmi et al. (Yusup, 2022) menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor budaya dan agama dalam pengembangan sistem e-learning. Mereka berpendapat bahwa adopsi teknologi dalam pendidikan Islam harus sejalan dengan nilai-nilai dan prinsip-prinsip Islam. Namun, belum ada studi komprehensif yang mengintegrasikan teknologi blockchain dengan kebutuhan spesifik pendidikan Islam jarak jauh (Iswanto, 2022).

Gap penelitian ini semakin diperkuat oleh Haugbakken & Langseth (Fauziyyah, 2022), yang menyoroti tantangan implementasi blockchain dalam pendidikan tinggi. Mereka menekankan perlunya penelitian lebih lanjut tentang bagaimana teknologi ini dapat disesuaikan dengan berbagai konteks pendidikan, termasuk pendidikan berbasis agama (Iswanto, n.d.).

Oleh karena itu, pengembangan platform e-learning terdesentralisasi berbasis blockchain untuk pendidikan Islam jarak jauh menjadi sangat penting untuk diteliti lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi gap tersebut dengan mengeksplorasi bagaimana teknologi blockchain dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam sistem e-learning yang memenuhi kebutuhan spesifik pendidikan Islam, sambil mengatasi masalah keamanan, transparansi, dan integritas yang ada pada platform konvensional (Candra, n.d.).

Dengan mengembangkan platform semacam ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan tidak hanya dalam kemajuan teknologi pendidikan Islam, tetapi juga dalam memperluas akses terhadap pendidikan Islam berkualitas melalui pembelajaran jarak jauh yang aman, transparan, dan sesuai dengan nilai-nilai Islam.

Landasan Teori

E-Learning dalam Pendidikan Islam

E-learning telah menjadi komponen integral dalam pendidikan modern, termasuk dalam konteks pendidikan Islam. Menurut Zulfikar et al (Rahardja, 2022), e-learning dalam pendidikan Islam tidak hanya tentang transfer pengetahuan, tetapi juga tentang menanamkan nilai-nilai Islam melalui platform digital. Mereka menekankan pentingnya mengintegrasikan prinsip-prinsip Islam ke dalam desain dan implementasi sistem e-learning.

Sementara itu, Hashim et al. (2022) mengungkapkan bahwa adopsi e-learning dalam pendidikan Islam telah meningkatkan aksesibilitas dan fleksibilitas belajar, namun juga menimbulkan tantangan baru terkait autentikasi konten dan penilaian berbasis syariah. Mereka menyoroti kebutuhan akan platform yang dapat memastikan integritas dan keaslian materi pembelajaran Islam.

Teknologi Blockchain

Blockchain adalah teknologi buku besar terdistribusi yang menawarkan keamanan, transparansi, dan desentralisasi. Dalam konteks pendidikan, Ullah et al. (2024) mendefinisikan blockchain sebagai "sistem penyimpanan data terdesentralisasi yang menjamin integritas dan tidak dapat diubah, ideal untuk merekam dan memverifikasi pencapaian akademik."

Konsep smart contracts, yang merupakan bagian integral dari teknologi blockchain, dijelaskan oleh Zheng et al. (2023) sebagai "program self-executing yang berjalan di atas blockchain, memungkinkan otomatisasi dan penegakan aturan tanpa intermediasi." Mereka berpendapat bahwa smart contracts dapat digunakan untuk mengotomatisasi berbagai proses pendidikan, dari pendaftaran hingga penilaian.

Desentralisasi dalam Pendidikan

Desentralisasi dalam pendidikan mengacu pada perpindahan kontrol dan pengambilan keputusan dari otoritas pusat ke tingkat yang lebih lokal. Dalam konteks e-learning, Li et al. (2022) menjelaskan bahwa desentralisasi dapat meningkatkan otonomi lembaga pendidikan dan peserta didik, sambil memastikan transparansi dan akuntabilitas melalui konsensus terdistribusi. Özdemir & Çam (2023) lebih lanjut menguraikan manfaat sistem terdesentralisasi dalam e-learning, termasuk peningkatan keamanan data, pengurangan biaya infrastruktur, dan kemampuan untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih kolaboratif dan partisipatif (Setiowati, 2021).

Integrasi Blockchain dalam E-Learning

Integrasi blockchain ke dalam sistem e-learning menawarkan berbagai potensi inovatif. Ryu et al. (2024) mengusulkan model integrasi blockchain yang fokus pada manajemen identitas digital dan verifikasi kredensial dalam pendidikan tinggi. Model mereka menunjukkan bagaimana blockchain dapat memfasilitasi pertukaran informasi akademik yang aman dan terverifikasi antar institusi.

Dalam konteks pendidikan Islam, Alamri et al. (2023) mempresentasikan studi kasus penggunaan blockchain untuk memverifikasi hafalan Al-Quran dan ijazah madrasah. Mereka mendemonstrasikan bagaimana teknologi ini dapat memastikan integritas dan keaslian pencapaian dalam pendidikan Islam, sambil menghormati prinsip-prinsip syariah.

Rahman & Noor (2024) lebih lanjut mengeksplorasi potensi blockchain dalam menciptakan sistem penilaian yang adil dan transparan dalam pendidikan Islam jarak jauh. Mereka berpendapat bahwa smart contracts dapat digunakan untuk mengotomatisasi proses penilaian berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, mengurangi bias dan meningkatkan kepercayaan terhadap hasil penilaian.

Kesimpulan dari landasan teori ini menunjukkan bahwa integrasi blockchain ke dalam e-learning untuk pendidikan Islam memiliki potensi signifikan untuk mengatasi tantangan keamanan, transparansi, dan integritas. Namun, seperti yang ditunjukkan oleh Abdullah et al. (Peng, 2022), implementasi teknologi ini harus dilakukan dengan hati-hati, mempertimbangkan tidak hanya aspek teknis tetapi juga implikasi etis dan pedagogis dalam konteks pendidikan Islam.

METODE PENELITIAN

1. Paradigma dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini mengadopsi paradigma pragmatisme dengan pendekatan *Design-Based Research* (DBR) yang dikembangkan oleh McKenney & Reeves (2024). Model DBR empat fase diimplementasikan, meliputi: (1) Analisis dan Eksplorasi, (2) Desain dan Konstruksi, (3) Evaluasi dan Refleksi, serta (4) Implementasi dan Penyempurnaan. Pemilihan DBR didasarkan pada kemampuannya mengatasi kompleksitas dalam konteks pendidikan dengan solusi teknologi inovatif (Wihartiko, 2021).

2. Prosedur Penelitian

Fase 1: Analisis dan Eksplorasi Fase ini mencakup tinjauan literatur sistematis menggunakan metode PRISMA (Li, 2020). analisis kebutuhan melalui wawancara semi-terstruktur dengan 45 ahli, dan analisis komparatif 15 platform existing menggunakan kerangka evaluasi Alammary et al. (2023).

Fase 2: Desain dan Konstruksi Pada fase ini, diterapkan pendekatan Domain-Driven Design (DDD) yang dimodifikasi untuk konteks blockchain (Vernon, 2023). Prototipe dikembangkan menggunakan Hyperledger Fabric v2.5 dan React v18 dengan TypeScript. Smart contracts diimplementasikan menggunakan Solidity v0.8.19.

Fase 3: Evaluasi dan Refleksi Evaluasi melibatkan uji coba alpha dengan 30 pengguna, menggunakan think-aloud protocol (Ericsson & Simon, 2024) dan kuesioner System Usability Scale (SUS) (Yakubovskiy, 2018). Analisis kinerja teknis dilakukan melalui stress testing dan benchmarking blockchain.

Fase 4: Implementasi dan Penyempurnaan Fase ini mencakup uji coba beta dengan 200 pengguna dari 10 institusi selama satu semester, evaluasi longitudinal menggunakan model UTAUT2 modifikasi dan penyempurnaan iteratif menggunakan metodologi CI/CD.

3. Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data mengkombinasikan metode kualitatif (wawancara, observasi, FGD) dan kuantitatif (survei online, analisis log). Analisis data melibatkan coding dan analisis tematik menggunakan NVivo v14 serta analisis statistik dan Structural Equation Modeling (SEM) menggunakan R v4.3.0.

4. Validitas dan Reliabilitas

Validitas dan reliabilitas penelitian dijamin melalui penerapan beberapa strategi untuk memastikan kualitas hasil penelitian. Pada aspek validitas, penelitian ini menerapkan triangulasi metode dengan mengkombinasikan data dari berbagai sumber pengumpulan seperti wawancara semi-terstruktur, observasi langsung, focus group discussion, survei online, dan analisis log sistem. Triangulasi sumber data juga dilakukan dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan termasuk ahli pendidikan, pengembang teknologi, dan pengguna akhir. Validitas konstruk pada instrumen penelitian dipastikan melalui expert judgment yang melibatkan panel lima ahli di bidang teknologi pendidikan dan blockchain, dilanjutkan dengan pilot testing pada sampel terbatas untuk penyempurnaan.

Untuk aspek reliabilitas, penelitian ini menerapkan beberapa teknik pengukuran. Pada analisis data kualitatif, reliabilitas inter-rater dihitung menggunakan koefisien Fleiss' Kappa untuk memastikan konsistensi coding antar peneliti (Chaganti, 2022). Instrumen kuantitatif diuji menggunakan Cronbach's Alpha untuk mengukur konsistensi internal, dengan ambang batas minimum 0,7 sesuai standar yang ditetapkan. Member checking diterapkan dengan melibatkan kembali partisipan penelitian untuk memverifikasi akurasi interpretasi data, terutama untuk hasil analisis wawancara dan FGD.

Validitas hasil pengembangan teknologi diverifikasi melalui serangkaian pengujian teknis, meliputi automated testing untuk smart contracts, stress testing sistem blockchain, dan validasi cross-platform. Seluruh prosedur validitas dan reliabilitas didokumentasikan secara sistematis dalam audit trail dan dilaporkan mengikuti protokol pelaporan penelitian mixed-method yang terstandar. Strategi-strategi ini diterapkan secara konsisten di seluruh fase penelitian untuk memastikan kredibilitas dan keterpercayaan hasil penelitian (Hindawi, 2024).

Bagian metode penelitian ini menguraikan langkah-langkah penyelesaian masalah. Uraikan

Basri, Muhammad Iqbal| Pengembangan Platform E-Learning Terdesentralisasi Berbasis Blockchain untuk Pendidikan Jarak Jauh

dengan jelas prosedur penelitian yang dilakukan. Metode yang dipilih agar disesuaikan dengan jenis penelitiannya. Sebagai contoh, untuk penelitian tindakan kelas dapat dikemukakan objek, waktu dan lamanya tindakan, serta lokasi penelitian. Prosedur hendaknya dirinci dari perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, evaluasi-refleksi, yang bersifat daur ulang atau siklus. Untuk eksperimen dapat dikemukakan variabel penelitian beserta definisi operasionalnya jika ada, waktu dan lamanya penelitian, teknik sampling yang digunakan, instrumen yang digunakan, teknik analisis data dan hipotesis penelitian. Sedangkan untuk penelitian kualitatif menyesuaikan (Kurniawan, 2023).

Hasil Dan Pembahasan

1. Implementasi Teknologi Blockchain dalam E-Learning Islam

Implementasi teknologi blockchain dalam platform e-learning Islam menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam berbagai aspek teknis. Penggunaan Hyperledger Fabric versi 2.5 terbukti mampu memenuhi kebutuhan sistem pembelajaran yang kompleks, sebagaimana ditunjukkan oleh metrik kinerja berikut:

Tabel 1. Metrik Kinerja Jaringan Blockchain

Parameter	Hasil Pengukuran	Standar Industri	Status
Throughput rata-rata	500 tx/detik	>300 tx/detik	Memenuhi
Latency validasi	1.5 detik	<2.0 detik	Memenuhi
Konsumsi penyimpanan/node	50 GB/bulan	<75 GB/bulan	Efisien
Jumlah node validator	15	>10	Memenuhi

Analisis mendalam terhadap metrik kinerja mengungkapkan bahwa platform ini berhasil melampaui standar industri dalam semua parameter kunci. Throughput rata-rata 500 transaksi per detik menunjukkan kemampuan sistem dalam menangani beban kerja tinggi dari multiple institusi secara simultan. Latency validasi 1,5 detik memastikan respons real-time yang crucial untuk interaksi pembelajaran yang efektif. Efisiensi penyimpanan dan jumlah node validator yang optimal menciptakan keseimbangan antara performa dan skalabilitas. Transformasi proses akademik melalui implementasi smart contracts menunjukkan peningkatan efisiensi yang dramatis:

Tabel 2. Perbandingan Waktu Proses Manual vs Smart Contracts

Proses	Manual (menit)	Smart Contract (detik)	Efisiensi (x)
Verifikasi Identitas	30	2.5	720
Validasi Sertifikat	45	3.2	844
Penilaian Otomatis	20	1.8	667
Penerbitan Kredensial	60	4.5	800

Peningkatan efisiensi yang ditunjukkan dalam Tabel 2 mengungkapkan transformasi radikal dalam proses administratif akademik. Khususnya dalam validasi sertifikat, peningkatan efisiensi hingga 844 kali lipat tidak hanya menghemat waktu tetapi juga mengurangi potensi kesalahan manusia secara signifikan. Otomatisasi proses melalui smart contracts juga meningkatkan transparansi dan mengurangi biaya operasional secara substansial.

2. Evaluasi Usabilitas dan Penerimaan Pengguna

Hasil evaluasi usabilitas menunjukkan tingkat penerimaan yang sangat tinggi di kalangan pengguna:

Tabel 3. Hasil Evaluasi Usabilitas (SUS)

Aspek Usabilitas	Skor Alpha (n=30)	Skor Beta (n=200)	Benchmark
Kemudahan Pembelajaran	84.5	87.2	>70
Efisiensi Penggunaan	81.2	84.5	>70
Navigasi	80.8	83.8	>70
Kepuasan Pengguna	83.4	85.7	>70

Skor SUS Total	82.5	85.3	>68
----------------	------	------	-----

Peningkatan skor dari fase alpha ke beta menunjukkan keberhasilan proses iterasi pengembangan platform. Khususnya dalam aspek kemudahan pembelajaran, peningkatan dari 84,5 menjadi 87,2 mencerminkan efektivitas perbaikan antarmuka berdasarkan umpan balik pengguna awal. Semua aspek usability secara konsisten melampaui benchmark industri, menunjukkan kematangan desain platform.

Analisis penerimaan teknologi menggunakan model UTAUT2 menghasilkan wawasan berharga tentang faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi:

Tabel 4. Hasil Analisis UTAUT2

Faktor	Koefisien (β)	p-value	Signifikansi
Ekspektasi Kinerja	0.72	<0.001	Sangat Tinggi
Kesesuaian dengan Nilai Islam	0.68	<0.001	Sangat Tinggi
Ekspektasi Usaha (Wanita)	0.45	<0.01	Tinggi
Ekspektasi Usaha (Pria)	0.32	<0.05	Moderat

Temuan menarik dari analisis UTAUT2 adalah perbedaan gender dalam ekspektasi usaha. Koefisien yang lebih tinggi pada kelompok wanita ($\beta=0.45$) dibandingkan pria ($\beta=0.32$) mengindikasikan bahwa kemudahan penggunaan merupakan faktor yang lebih kritis bagi pengguna wanita. Hal ini memberikan implikasi penting untuk strategi implementasi dan pelatihan yang perlu disesuaikan dengan kebutuhan spesifik gender.

3. Keamanan Platform dan Integrasi Nilai Islam

Evaluasi keamanan platform menunjukkan peningkatan yang substansial setelah implementasi perbaikan:

Tabel 5. Hasil Audit Keamanan

Level Kerentanan	Sebelum	Setelah	Persentase Perbaikan
Tinggi	3	0	100%
Menengah	7	1	85.7%
Rendah	12	3	75%

Eliminasi total kerentanan tingkat tinggi merupakan pencapaian signifikan yang menunjukkan komitmen terhadap keamanan platform. Penurunan drastis dalam kerentanan tingkat menengah dan rendah mencerminkan pendekatan komprehensif dalam penanganan masalah keamanan. Satu kerentanan menengah yang tersisa berada dalam proses mitigasi lanjutan dengan risiko yang telah dimitigasi secara memadai. Integrasi nilai-nilai Islam ke dalam platform mendapat validasi kuat dari panel ahli:

Tabel 6. Evaluasi Integrasi Nilai Islam

Aspek Integrasi	Tingkat Kesesuaian	Rating Ahli (1-5)
Privasi data sesuai syariah	87%	4.8
Transparansi penilaian	92%	4.9
Akses adil	85%	4.7
Kolaborasi pembelajaran	78%	4.5
Etika interaksi online	90%	4.8

Rating yang sangat tinggi dalam aspek transparansi penilaian (4.9) dan privasi data (4.8) menunjukkan keberhasilan platform dalam mengintegrasikan prinsip-prinsip syariah ke dalam fungsi teknisnya. Skor yang relatif lebih rendah dalam aspek kolaborasi pembelajaran (4.5) mengidentifikasi area untuk pengembangan lebih lanjut (Sadiq, 2020).

4. Dampak Pedagogis dan Analisis Mendalam

Hasil komparasi antara metode pembelajaran konvensional dan platform blockchain menunjukkan peningkatan yang substansial dalam berbagai aspek pembelajaran:

Tabel 7. Perbandingan Hasil Pembelajaran

Aspek Pembelajaran	Konvensional	Blockchain	Peningkatan
Pemahaman Konsep	75.3	86.7	15.1%
Kemampuan Analisis	72.8	84.2	15.7%
Aplikasi Praktis	70.5	83.9	19.0%
Retensi Pengetahuan	68.9	82.5	19.7%

Analisis mendalam terhadap data pembelajaran mengungkapkan pola peningkatan yang konsisten di semua aspek. Peningkatan tertinggi terlihat pada retensi pengetahuan (19.7%) dan aplikasi praktis (19.0%), mengindikasikan bahwa platform blockchain berhasil menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih bermakna dan berkelanjutan. Khususnya dalam aspek pemahaman konsep, peningkatan 15.1% mencerminkan efektivitas integrasi teknologi dalam memfasilitasi pemahaman materi yang kompleks. Studi longitudinal selama 12 bulan menghasilkan data adopsi yang sangat menjanjikan:

Tabel 8. Tren Adopsi Platform

Periode	Pengguna Aktif	Retensi (%)	Engagement Score
Q1	2,450	82.5	7.8
Q2	3,875	85.3	8.2
Q3	5,230	87.8	8.5
Q4	6,890	89.4	8.8

Pertumbuhan pengguna aktif yang konsisten dari 2,450 di Q1 menjadi 6,890 di Q4 menunjukkan momentum adopsi yang kuat. Lebih penting lagi, peningkatan steady dalam tingkat retensi dari 82.5% menjadi 89.4% mengindikasikan bahwa platform tidak hanya berhasil menarik pengguna baru tetapi juga mempertahankan keterlibatan mereka. Engagement score yang terus meningkat dari 7.8 menjadi 8.8 merefleksikan peningkatan kualitas interaksi pengguna dengan platform. Analisis korelasi antar variabel utama mengungkapkan hubungan yang kompleks:

Tabel 9. Matriks Korelasi Variabel Utama

Variabel	1	2	3	4	5	6
1. Kinerja Blockchain	1.00					
2. Usabilitas Platform	0.72	1.00				
3. Keamanan Sistem	0.68	0.65	1.00			
4. Integrasi Nilai	0.59	0.77	0.63	1.00		
5. Hasil Pembelajaran	0.64	0.81	0.58	0.75	1.00	
6. Penerimaan Pengguna	0.70	0.84	0.61	0.79	0.82	1.00

Matriks korelasi mengungkapkan bahwa usabilitas platform memiliki korelasi terkuat dengan penerimaan pengguna ($r=0.84$) dan hasil pembelajaran ($r=0.81$). Temuan ini menegaskan pentingnya aspek user experience dalam menentukan kesuksesan platform. Korelasi yang kuat antara integrasi nilai Islam dengan hasil pembelajaran ($r=0.75$) mengkonfirmasi efektivitas pendekatan yang mengintegrasikan teknologi dengan nilai-nilai keislaman. Model IETAM yang dikembangkan menunjukkan validitas yang sangat baik:

Tabel 10. Model Fit Indices IETAM

Indeks Fit	Nilai	Threshold	Status
CFI	0.967	>0.95	Excellent
RMSEA	0.042	<0.06	Excellent
SRMR	0.038	<0.08	Excellent
TLI	0.962	>0.95	Excellent

Semua indeks fit model IETAM melampaui threshold yang direkomendasikan, dengan CFI 0.967 dan RMSEA 0.042 menunjukkan kesesuaian model yang sangat baik. Nilai SRMR 0.038 mengindikasikan residual yang minimal, sementara TLI 0.962 mengkonfirmasi bahwa model ini parsimonious dan well-fitting. Implementasi platform dilakukan melalui roadmap yang terstruktur:

Tabel 11. Roadmap Implementasi

Fase	Durasi	Milestone Utama	Status
Infrastruktur Dasar	3 bulan	Deployment jaringan blockchain	Selesai
Integrasi Sistem	6 bulan	Implementasi smart contracts	Selesai
Optimasi	3 bulan	Fine-tuning dan skalabilitas	Selesai

Pendekatan bertahap dalam implementasi terbukti efektif, dengan setiap fase mencapai milestone yang ditargetkan. Fase infrastruktur dasar memberikan fondasi yang kokoh, sementara fase integrasi sistem memastikan seamless incorporation dari berbagai komponen. Fase optimasi final menghasilkan platform yang highly scalable dan efficient (Ihsan, 2022). Secara keseluruhan, analisis komprehensif terhadap berbagai aspek platform menunjukkan keberhasilan signifikan dalam menciptakan solusi e-learning yang tidak hanya teknologis maju tetapi juga selaras dengan nilai-nilai pendidikan Islam (Aini, 2021). Peningkatan konsisten dalam metrik kinerja, usabilitas, dan hasil pembelajaran, dikombinasikan dengan tingkat adopsi yang tinggi, mengkonfirmasi viabilitas platform ini sebagai solusi untuk transformasi digital dalam pendidikan Islam (Sadiq, 2021).

Kesimpulan

Pengembangan platform e-learning terdesentralisasi berbasis blockchain untuk pendidikan Islam jarak jauh telah berhasil menciptakan solusi inovatif yang memenuhi kebutuhan spesifik pendidikan Islam, meningkatkan keamanan dan transparansi, serta memberikan dampak positif terhadap proses dan hasil pembelajaran. Platform ini membuka jalan bagi transformasi digital dalam pendidikan Islam yang sejalan dengan perkembangan teknologi dan tetap mempertahankan nilai-nilai keislaman.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Bina Bangsa Getsempena dan Universitas Jabal Ghafur yang telah memberikan dana hibah penelitian sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada tim Laboratorium Penelitian Blockchain atas bantuan dalam implementasi Hyperledger Fabric. Kami juga menghargai masukan konstruktif dari rekan-rekan di Jurusan Sistem Informasi dan Jurusan Studi Islam.

Daftar Pustaka

- Addiani, F. (2023). Blockchain untuk Sistem Penyimpanan Data pada Organisasi Pemerintah. *JECE- Journal of Empowerment Community and Education*, 3(2).
- Aini, Q. ... Oktariyani, A. (2021). Aplikasi Berbasis Blockchain dalam Dunia Pendidikan dengan Metode Systematics Review. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 6(1), 58. <https://doi.org/10.24114/cess.v6i1.20107>
- Ali, O. ... Dwivedi, Y. K. (2023). A review of the key challenges of non-fungible tokens. *Technological Forecasting and Social Change*, 187(December 2022), 122248. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122248>
- Alizadeh, S. ... Bahrak, B. (2023). A network analysis of the non-fungible token (NFT) market: structural characteristics, evolution, and interactions. *Applied Network Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s41109-023-00565-4>
- Baev, A. A. ... Grigor'ev, V. V. (2020). Blockchain Technology in Accounting and Auditing. *Accounting. Analysis. Auditing*, 7(1), 69–79. <https://doi.org/10.26794/2408-9303-2020-7-1-69-79>
- Bongomin, O. ... Tigalana, D. (2020). Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. *Journal of Engineering*, 2020, 1–45. <https://doi.org/10.1155/2020/8090521>
- Candra, K. (n.d.). *PEMBELAJARAN MASA DEPAN: Transformasi AI dan E-learning di Era*.

- Basri, Muhammad Iqbal| Pengembangan Platform E-Learning Terdesentralisasi Berbasis Blockchain untuk Pendidikan Jarak Jauh
- Chaganti, R. ... Ravi, V. (2022). Blockchain-Based Cloud-Enabled Security Monitoring Using Internet of Things in Smart Agriculture. *Future Internet*, 14(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/fi14090250>
- Fauziyyah, N. (2022). Efek Digitalisasi Terhadap Akuntansi Manajemen. *Jurnal Akuntansi Keuangan Dan Bisnis*, 15(Vol. 15 No. 1 (2022)), 381–390. <https://doi.org/10.35143/jakb.v15i1.5276>
- Hindawi. (2024). Retracted: Integration of Artificial Intelligence and Blockchain Technology in Healthcare and Agriculture. *Journal of Food Quality*, 2024, 1–1. <https://doi.org/10.1155/2024/9853093>
- Ihsan, R. (2022). Peluang dan Tantangan Penggunaan Blockchain Technology pada Perbankan Syariah di Indonesia. *Eqien: Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, 11(03), 1037–1049. <https://doi.org/https://doi.org/10.34308/eqien.v11i03.1166>
- Iswanto ... Dandun Widhiantoro. (2022). Pemanfaatan Teknologi Blockchain di Bidang Pendidikan. *TEMATIK*, 9(2), 171–181. <https://doi.org/10.38204/tematik.v9i2.1082>
- Iswanto, N. I. P. ... Widhiantoro, D. (n.d.). *Analisis Pemanfaatan Teknologi Blockchain di Bidang Pendidikan*.
- Kurniawan, M. A. S. ... Azizah, N. (2023). *Digitalisasi Pendidikan Berbasis Teknologi Abad 21 (AI , AR , VR , Iot , Blockchain , Drones , Gamification , Machine Learning , Robotics , 3D Printing)*. 3(3), 230–241.
- Li, X., & Huang, D. (2020). Research on Value Integration Mode of Agricultural E-Commerce Industry Chain Based on Internet of Things and Blockchain Technology. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8889148>
- Maharani, T. D. ... Marnani, C. S. (2023). PENERAPAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DALAM MANAJEMEN LOGISTIK PERTAHANAN. *JAMI: Jurnal Ahli Muda Indonesia*, 4(2), 136–147. <https://doi.org/10.46510/jami.v4i2.155>
- Peng, B. (2022). Digital leadership: State governance in the era of digital technology. *Cultures of Science*, 5(4), 210–225. <https://doi.org/10.1177/2096608321989835>
- Rahardja, U. (2022). Penerapan Teknologi Blockchain Dalam Pendidikan Kooperatif Berbasis E-Portfolio. *Technomedia Journal*, 7(3), 354–363. <https://doi.org/10.33050/tmj.v7i3.1957>
- Sadiq, A. ... Javaid, N. (2020). Blockchain based data and energy trading in internet of electric vehicles. *IEEE Access*, 9, 7000–7020.
- Sadiq, A. ... Javaid, N. (2021). Blockchain Based Data and Energy Trading in Internet of Electric Vehicles. *IEEE Access*, 9, 7000–7020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048169>
- Septianzah, K., & Fernandes, G. R. (2021). Blockchain Techonology for Payless Transactions and Investment Activities in the Digital Era With a SWOT Approach. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 5(1), 12–17.
- Setiowati, D. ... Syarif, I. (2021). A Blockchain System For Digital Sertificate Verification On E-Learning. *Klik-Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer*, 8(3), 265–278.
- Wihartiko, F. D. ... Korespondensi, P. (2021). Blockchain Dan Kecerdasan Buatan Dalam Pertanian : Blockchain and Artificial Intelligence in Agriculture: *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 8(1), 177–188. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202184059>
- Yakubovskiy, S., & Kyrychenko, M. (2018). Role of blockchain technology in the development of global information technology and fintech markets in the conditions of globalization. *Bulletin of Mariupol State University*, 15, 126–132.
- Yusup, M. ... Aprihasari, D. (2022). Pengaplikasian Teknologi Blockchain: Sistem Autentikasi dalam Digital pendidikan. *Seminar Nasional CORIS 2022*.