KESATRIA: Jurnal Penerapan Sistem Informasi (Komputer & Manajemen)
Terakreditasi Nomor 204/E/KPT/2022 | Vol. 5, No. 2, April (2024), pp. 587-594

Teknologi *Blockchain* dalam Keamanan Sertifikat Menggunakan Smart Contracts dan Distributed Ledger pada Platfrom Edutech

Seni Oknora Firza[1], Yuhandri[2], Sumijan[3]*
[1,2,3]Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang, Indonesia
E-mail: senioknorafirza@gmail.com[1], yuhandri.yunus@gmail.com[2], sumijan@upiyptk.ac.id[3]

Abstract

The ever-increasing development of the digital environment means that educational certificates are often vulnerable to forgery, manipulation, or even loss of integrity. Blockchain is a technology that allows for a distributed database that can only be accessed by a certain number of computer network nodes. Distributed Ledger Technology (DLT) is a system that captures and distributes data over multiple data stores (Ledgers), where each storage has identical data records. Smart Contracts is a Blockchain protocol that allows developers to create and execute financial agreement codes on the Blockchain. This contract will be activated by all parties involved. This research aims to improve the security of certificate authenticity on the edutech platform at Inatechno. The methods applied are Smart Contract and Distributed Ledger. The dataset processed in this research comes from Inatechno. The dataset consists of 48 data on certificate participants who have taken part in training activities at Inatechno. The results of this research are that Blockchain technology can increase certificate security on the Edutech platform. The resulting system can automate the verification process and reduce the risk of counterfeiting. Therefore, this research can be a reference that Blockchain technology using Smart Contracts and Distributed Ledger can be an effective solution in increasing certificate security on the Edutech platform. This implementation can provide significant benefits in supporting the need for security and integrity of certificate data, opening up the potential for further development in the context of digital education.

Keywords: *Blockchain, Smart Contracts, Distributed Ledger Technology, Certificates, Edutech*

Abstrak

Perkembangan lingkungan digital yang terus meningkat membuat sertifikat pendidikan sering kali rentan terhadap pemalsuan, manipulasi, atau bahkan kehilangan integritasnya. Blockchain adalah sebuah teknologi yang memungkinkan adanya basis data terdistribusi yang hanya dapat diakses oleh sejumlah node jaringan komputer tertentu. Distributed Ledger Technology (DLT) adalah sebuah sistem yang menangkap dan mendistribusikan data melalui beberapa penyimpanan data (Ledgers), di mana setiap penyimpanan memiliki catatan data yang identik. Smart Contracts merupakan sebuah protokol Blockchain yang memungkinkan pengembang untuk membuat dan menjalankan kode perjanjian keuangan di dalam Blockchain. Kontrak ini akan diaktifkan oleh semua pihak yang terlibat. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatan keamanan keaslian sertifikat pada platform edutech di Inatechno. Metode yang diterapkan adalah Smart Contract dan Distributed Ledger. Dataset yang diolah dalam penelitian ini bersumber dari Inatechno. Dataset terdiri dari 48 data sertifikat peserta yang telah mengikuti kegiatan training di Inatechno. Hasil dalam penelitian ini yaitu bahwa teknologi Blockchain dapat meningkatkan keamanan sertifikat pada platform Edutech. Sistem yang dihasilkan dapat mengotomatisasi proses verifikasi dan mengurangi risiko pemalsuan. Oleh karena itu penelitian ini dapat menjadi acuan bahwa teknologi Blockchain dengan menggunakan Smart Contracts dan Distributed Ledger dapat menjadi solusi yang efektif

ISSN: 2720-992X

dalam meningkatkan keamanan sertifikat pada platform Edutech. Penerapan ini dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam mendukung kebutuhan akan keamanan dan integritas data sertifikat, membuka potensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam konteks pendidikan digital.

Kata Kunci: *Blockchain, Smart Contract, Distributed Ledger Technology, Sertifikat, Edutech*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi industri 4.0 sejak awal kemunculannya telah mengalami pertumbuhan yang sangat cepat, dengan hampir semua aspek kehidupan mengadopsi teknologi digital. Revolusi industri ini telah mengubah secara langsung maupun tidak langsung struktur pendidikan dan ekonomi suatu Negara. Salah satu nya adalah teknologi *Blockchain* dalam platform Edutech. *Blockchain*adalah sebuah teknologi yang memungkinkan adanya basis data terdistribusi yang hanya dapat diakses oleh sejumlah node jaringan komputer tertentu.

Distributed Ledger Technology (DLT) adalah sebuah sistem yang menangkap dan mendistribusikan data melalui beberapa penyimpanan data (Ledgers), di mana setiap penyimpanan memiliki catatan data yang identik. Sistem ini dijaga dan dikendalikan secara kolektif oleh jaringan terdistribusi server komputer yang disebut node. Keunggulan dari sistem digital ini adalah tidak memerlukan perantara atau pihak ketiga terpusat yang harus dipercaya [1].

Smart Contract adalah program komputer yang ditulis dalam kode komputer dan dijalankan secara otomatis dengan menggunakan teknologi *Blockchain*. Kesinambungan antara *Smart Contract*s dan Distributed Ledger diimplementasikan untuk memberikan fondasi yang kokoh dalam menciptakan lingkungan yang aman dan terpercaya dalam keamanan sertifikat pada platform Edutech di inatechno.

Penerapan teknologi *Blockchain* pada dunia pendidikan khususnya pada pengolahan data di perguruan tinggi dan universitas, terutama pada program MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka) membahas tentang penerapan teknik gamifikasi pada proses pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa. Metode penelitian yang digunakan adalah SDLC (System Development Life Cycle). Data yang digunakan adalah data terkait pengolahan data di perguruan tinggi dan universitas, terutama pada program MBKM, Serta data terkait penerbitan sertifikat dan penerapan teknik gamifikasi pada proses pembelajaran yang berpusat pada mahasiswa. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi *Blockchain* pada dunia pendidikan, khususnya pada pengolahan data di perguruan tinggi dan universitas terutama pada program MBKM, Dapat meningkatkan kredibilitas sertifikasi autentikasi menggunakan beberapa teknologi enkripsi dan distribusi data terdesentralisasi untuk penyimpanan data menggunakan SHA256 yaitu penggunaan kriptografis yang dipakai dalam *Blockchain*. Bersumber pada ciri sistem, aspek kepuasan sistem dianalisis memakai rumus Slovin yang diolah dengan hasil 0,795 > 0,6 berarti jika alpha > 0,6 maka sistem dapat diklasifikasikan sebagai reliable [2].

Peran *Blockchain* sebagai pendukung keamanan profil mahasiswa dalam sistem pendidikan teknologi dengan menggunakan metode literatur dan pengembangan. Data yang digunakan adalah pengelolaan data perkuliahan, Profil mahasiswa dan mata kuliah mahasiswa. Hasil penelitian bahwa teknologi *Blockchain* mempunyai potensi untuk merevolusi sistem pendidikan dengan menyediakan sistem manajemen data yang aman dan transparan yang dapat meningkatkan pengalaman belajar dan minat terhadap teknologi mahasiswa. Diketahui output yang ditampilkan selama pengujian sesuai dengan rancangan aplikasi Sistem. Aplikasi dapat menampilkan profil mahasiswa, mata kuliah mahasiswa yang berfungsi dengan baik dan peran dari *Blockchain* dalam mengautentikasi keaslian data siswa berjalan sangat baik [3].

Pada evaluasi kinerja hyperledger, sebuah DLT yang berasal dari teknologi *Blockchain* dengan metode penelitian DLT architecture, data yang digunakan Infrastruktur yang terdiri dari 8 node dengan beban hingga 20.000 transaksi/detik, Perangkat Keras yang digunakan untuk melakukan Eksperimen pada Laptop i7 dengan RAM 8 GB, SSD 500 GB, CPU 3 Core 2 Duo, RAM 4 GB, HDD 160 GB dan menjalankan Ubuntu 18.04 LTE dengan Platform Hyperledger Fabric v1.0. Hasil penelitian menyajikan hasil pengukuran Hyperledger, sebuah DLT yang berasal dari teknologi *Blockchain*. Pada Hyperledger Fabric v1.0 untuk 20.000 transaksi, run time 74,30 detik, latensi 73,40 ms dan throughput 257 transaksi per detik (tps). Dimana Hyperledger Fabric v1.0 dengan lebih dari dua node menunjukkan kinerja yang lebih baik di semua metrik evaluasi dibandingkan dengan hanya satu node [4].

Pada rancang bangun teknologi *Blockchain* pada sistem keamanan data jaringan sensor, metode penelitian menggunakan analisis eksperimental & pengujian (testing). Data yang digunakan adalah hasil pembacaan sensor, khususnya pembacaan sensor DHT11, HC-SR04 dan Photoresistor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Blockchain* dapat diterapkan pada jaringan sensor untuk menjaga integritas data dengan memanfaatkan algoritma SHA-256. Pada pengujian kesesuaian blok, waktu eksekusi dan ukuran penyimpanan blok didapatkan bahwa blok pada *Blockchain* tidak mengalami kecacatan, dengan rata-rata waktu eksekusi 1,69 detik dengan kompleksitas waktu yang linear dan rata-rata ukuran blok sebesar 176 bytes pada setiap blok setelah blok pertama. Hal ini menunjukkan bahwa *Blockchain* dapat menjadi solusi untuk menjaga keamanan data pada jaringan sensor [5].

Penerapan sertifikat pada sistem keamanan menggunakan teknologi *Blockchain*menggunakan metode sampling, dimana data yang digunakan adalah data akademik (AD) dan proses penerbitan sertifikat digital. Hasil dari penelitian yang didapatkan, penerapan teknologi *Blockchain* dapat meningkatkan keamanan sertifikat yang telah diterapkan pada publikasi jurnal dengan nama abc. untuk meningkatkan keketatan perlindungan data sistem [6].

Pada rancang bangun website akademik dengan penyimpanan sertifikat digital menggunakan teknologi *Blockchain*dengan menggunakan metode penelitian analisa masalah, desain sistem, pembuatan antar muka, dan pengujian sistem. Data yang digunakan adalah sertifikat. Hasil uji menunjukkan bahwa keamanan dan skalabilitas yang memadai, memproses 200 transaksi dalam 8 detik dengan kapasitas penyimpanan sekitar 22,6 GB untuk 10 juta block [7].

Pada sistem verifikasi dokumen ijazah digital berbasis teknologi *Blockchain*, menggunakan metode Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Data yang digunakan adalah dokumen ijazah. Penelitian berhasil merancang piranti berbasis visi komputer untuk identifikasi keaslian Ijazah. Prototipe pemrograman sesuai lapangan dan menerapkan teknologi *Blockchain*untuk percepat identifikasi. Metode PSNR efektif, menemukan citra identik dalam lima rantai *Blockchain*[8].

Pada penyimpanan Cloud Terdistribusi yang Aman berdasarkan Teknologi *Blockchain*dan *Smart Contract* menggunakan metode Ethereum *Blockchain*, *Smart Contract*s, RSA encryption, dan authentication scheme. Hasil penelitian yaitu sistem yang diusulkan dapat digunakan untuk penyimpanan data yang aman di cloud serta untuk berbagi file dan verifikasi autentikasi. Juga, penyimpanan data yang aman dan berbagi file sudah ada ditawarkan oleh sistem yang diusulkan. Aplikasi dapat digunakan baik melalui pengguna antarmuka (*UI*) atau antarmuka baris perintah (*CLI*) [9].

Implementasi *Smart Contract*s pada *BlockchainEthereum* dalam E-Voting berbasis Web menggunakan metode Literatur review, System Development, Data Collection, dan analisis implementasi *Smart Contract*. Hasil penelitian ini menemukan bahwa penerapan *Smart Contract* pada *Blockchain* Ethereum untuk e-voting web memberikan keunggulan efisiensi waktu, biaya, dan dampak lingkungan. Tantangan utama adalah mengatasi

keamanan dan ketidakpercayaan terhadap teknologi canggih, memerlukan solusi inovatif untuk mengamankan proses e-voting dan membangun kepercayaan masyarakat [10].

Pada tinjauan yuridis penggunaan smart contract di indonesia sebagai bentuk pengembangan kecerdasan buatan dengan menggunakan metode penelitian normatif dengan sumber data sekunder. Hasil penelitian ini mengatakan bahwa *Smart Contract* di Indonesia didukung secara hukum melalui legalisasi Bitcoin oleh Kementerian Perdagangan melalui Bappebti. Aturan penggunaannya dijelaskan dalam Peraturan Bappebti Nomor 5 Tahun 2019, termasuk penyelesaian perselisihan melalui mekanisme alternatif di luar pengadilan [11].

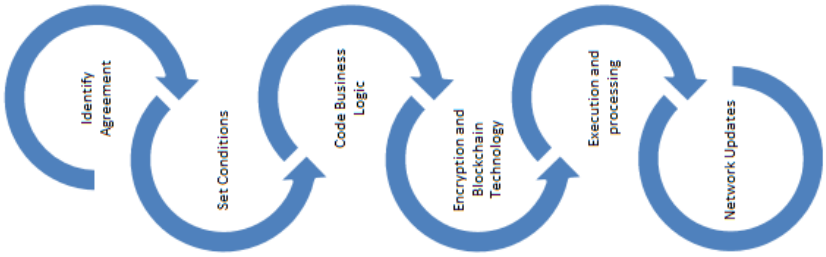
Kebijakan Privasi tentang *Smart Contract* dalam Transaksi E-Commerce. menggunakan metode *normative juridical method*. Hasil penelitian nya yaitu kekosongan hukum dalam privasi *Smart Contract* e-commerce. Regulasi nasional belum sepenuhnya mencakup, contohnya UU ITE Nomor 19 Tahun 2016. Pada tingkat internasional, UNCITRAL Model Law on Electronic Commerce memberi aturan, tapi perlu diperkuat untuk jamin privasi dalam *Smart Contract* e-commerce [12].

Pada hubungan antara *Blockchain*distributed ledger technology dan kejahatan keuangan dengan menggunakan metode paradigma kuantitatif. Hasil penelitian ini menemukan bahwa dari empat *BCDLT* independen anteseden, biaya audit manual tidak signifikan, sedangkan tiga lainnya memiliki asosiasi positif yang kuat dengan kejahatan keuangan pengurangan [1].

Berdasarkan literature yang tersedia belum adanya penggunaan teknologi *Blockchain* dengan menggunakan *Smart Contract* dan distributed ledger pada keamanan sertifikat pada platform edutech. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan keaslian sertifikat, otomatisasi dan efisiensi dalam proses penerbitan sertifikat, dan mendapatkan manfaat penggunaan distributed ledger terhadap transparansi dan keandalan data sertifikat pada platform Edutech.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah suatu cara atau teknik untuk mendapatkan informasi dan sumber data yang akan digunakan dalam penelitian. Berdasarkan sumbernya data penelitian ini menggunakan data primer. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari sumber data. Banyak data yang didapatkan adalah 48 set data sertifikat. Data ini merupakan sertikat training, Internship, dan workshop.



Gambar 1. Tahapan-tahapan alternatif solusi

Pada tahapan diatas di atas dapat dilihat proses yang terjadi tahapan dalam Alternatif Solusi dalam keamanan sertifikat. Adapun implementasi dari langkah-langkah di atas adalah sebagai berikut :

1. *Identify Agreement*

Pada tahapan ini melibatkan pengidentifikasian perjanjian yang akan dibuat melalui teknologi blockchain. Ini melibatkan pihak-pihak yang terlibat dalam transaksi untuk mengidentifikasi persyaratan dan ketentuan yang akan di atur dalam *Smart Contract*.

a. Menggunakan teknologi enkripsi seperti SHA-256 untuk melindungi data yang disimpan dalam blockchain.

b. Memanfaatkan fitur-fitur keamanan yang disediakan oleh teknologi blockchain, seperti distribusi data dan mekanisme konsensus.

2. *Set Conditions*

Pada tahap ini, kondisi-kondisi yang harus dipenuhi untuk menjalankan *Smart Contract* ditetapkan. Ini mencakup menetapkan parameter dan aturan yang akan menjadi dasar pelaksanaan *Smart Contract*.

a. Menentukan kondisi-kondisi yang harus dipenuhi sebelum *Smart Contract* dieksekusi, seperti pemenuhan persyaratan atau pencapaian target.
b. Menyusun persyaratan dan ketentuan dalam perjanjian yang akan diatur oleh *Smart Contract*.

3. *Code Business Logic*

Tahap ini melibatkan pengkodean logika bisnis perjanjian ke dalam *Smart Contract*. Ini melibatkan penulisan kode program yang akan mengatur pelaksanaan perjanjian secara otomatis sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

a. Menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai untuk menulis *Smart Contract*, seperti Solidity untuk Ethereum.
b. Menyusun kode program yang akan mengeksekusi perintah sesuai dengan aturan dan proses yang telah ditetapkan dalam perjanjian.

4. *Encryption and Blockchain Technology*

Pada tahap ini, *Smart Contract* dan data terkait dienkripsi menggunakan kriptografi untuk memastikan keamanan dan integritasnya. Teknologi blockchain digunakan untuk menyimpan dan memverifikasi transaksi secara terdesentralisasi.

a. Menggunakan teknologi enkripsi seperti SHA-256 untuk melindungi data yang disimpan dalam blockchain.
b. Memanfaatkan fitur-fitur keamanan yang disediakan oleh teknologi blockchain, seperti distribusi data dan mekanisme konsensus

5. *Execution and processing*

Tahap ini melibatkan eksekusi dan pemrosesan *Smart Contract*. *Smart Contract* dieksekusi secara otomatis ketika kondisi yang ditetapkan terpenuhi, dan proses transaksi dijalankan sesuai dengan logika bisnis yang telah diprogram.

a. Menjalankan *Smart Contract* secara otomatis ketika kondisi yang ditetapkan terpenuhi, seperti setelah pihak-pihak yang terlibat menyetujui perjanjian.
b. Memproses transaksi secara otomatis sesuai dengan aturan dan proses yang telah ditetapkan dalam *Smart Contract*.

6. *Network Updates*

Tahap ini melibatkan pembaruan jaringan blockchain untuk memasukkan *Smart Contract* baru dan memastikan ketersediaannya untuk semua peserta dalam jaringan. Ini memastikan bahwa semua pihak memiliki akses yang sama ke *Smart Contract* yang relevan.

a. Memperbarui jaringan blockchain untuk mencatat adanya *Smart Contract* baru.
b. Memastikan distribusi *Smart Contract* ke seluruh node dalam jaringan untuk memastikan ketersediaan dan akses yang merata bagi semua peserta.

3. Hasil dan Pembahasan

Tahapan implementasi merupakan tahap untuk penerapan dari sistem yang dibuat untuk dapat digunakan dengan baik. Adapun perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan sistem dengan sebuah laptop dengan spesifikasi:

a) Processor Intel Core i5-1155g7
b) RAM HP 8GB
c) SSD 512GB
d) VGA INTEL IRISXE

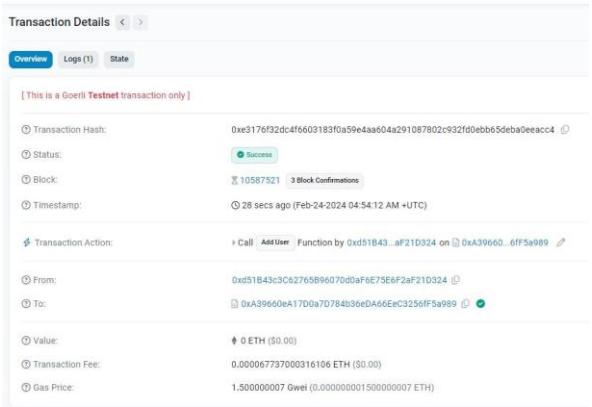
Selain penggunaan perangkat keras, dalam pembangunan sebuah sistem juga diperlukan perangkat lunak yang mendukung agar sistem dapat berjalan dengan

baik. Maka untuk perangkat lunak yang digunakan dalam merancang dan membuat serta menjalankan smart contract untuk keamanan sertifikat dengan menggunakan bahasa pemrograman Solidity yaitu:

a) Visual Studio Code
b) Metamask Extention
c) MySQl
d) Google Chrome
e) Node.js
f) JavaScript
g) Express
h) Multer
i) Moralis

Proses pertama kali dilakukan adalah user melakukan registrasi terlebih dahulu pada sistem. Pada form registrasi, user harus menginputkan beberapa informasi pribadi untuk bergabung dengan sistem. Setelah proses registrasi selesai, maka admin akan melakukan verifikasi terhadap akun metamask user yang sudah masuk ke sistem. Saat melakukan verifikasi, admin harus melakukan koneksi Web3 ke alamat MetaMask admin. Koneksi ini dilakukan dengan tujuannya untuk dapat berinteraksi dengan *Smart Contract* seperti mengeksekusi fungsi kontrak, membaca data dari kontrak, atau bahkan menyebarkan transaksi baru ke jaringan blockchain.

Setelah Admin melakukan verifikasi maka admin dapat melihat detail proses transaksi yang terjadi dengan memilih View your transaction. Pada saat admin memilih View your transaction maka admin dapat melihat detail transaksi yang terjadi pada *Smart Contract*. langkah selanjutnya admin mengunggah sertifikat user ke dalam sistem. Ini merupakan proses penting dalam manajemen data pengguna dan memastikan bahwa informasi yang relevan terkait dengan user tersimpan dengan aman dan tersedia untuk penggunaan di masa mendatang. Setelah sertifikat diunggah maka user bisa mengunduh sertifikat tersebut dengan memasukan Alamat MetaMask User. Apabila Alamat MetaMask yang di masukan salah maka akses untuk mengunduh sertifikat akan ditolak. Apabila akses diterima maka akan muncul infomasi bahwa status *Smart Contract Available*. Setelah mengetahui bahwa status *Smart Contract Available*, user dapat melanjutkan dengan mengunduh file sertifikat yang akan diarahkan langsung ke link IPFS sertifikat. Ini berarti bahwa user memiliki akses untuk mengakses dan mengunduh sertifikat yang terkait langsung dari jaringan InterPlanetary File System (IPFS), sebuah sistem distribusi file peer-to-peer yang terdesentralisasi. Proses ini memastikan bahwa sertifikat yang diunduh merupakan salinan yang otentik dan tidak dapat dimanipulasi, karena disimpan secara aman di jaringan terdesentralisasi yang menggunakan teknologi blockchain.



Gambar 2. Transaction Hash *Smart Contract*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk keamanan sertifikat pada platform edutecth di inatechno dengan menggunakan link IPFS sebagai tempat penyimpanan data dari data sertifikat yang disimpan pada Smart Contract. Seluruh transaksi di Blockchain publik bisa dilacak karena sistem Blockchain nya yang mencatat seluruh transaksi melalui Smart Contracts. Etherscan adalah Blockchain explorer atau bisa juga disebut sebagai alat untuk melihat atau melacak transaksi di Smart Contracts pada Blockchain Ethereum. Proses yang terjadi di Distributed Ledger dapat diakses melalui Etherscan. Pada Etherscan bisa dilihat riwayat transaksi di Blockchain Ethereum. Sehingga hal ini menjelaskan bagaimana teknologi Blockchain menggunakan Smart Contract dan Distributed Ledger dapat meningkatkan keamanan sertifikat pada platform Edutrch di Inatechno. Maka dengan memfokuskan diri pada peningkatan keaslian sertifikat, otomatisasi dan efisiensi dalam proses penerbitan sertifikat serta manfaat penggunaan Distributted Ledger terhadap transparansi dan keandalan data sertifikat penelitian ini memberikan pemahaman mendalam tentang potensi teknologi Blockchain pada platform Edutech.

4. Kesimpulan

Implementasi teknologi blockchain dengan smart contracts dan distributed ledger pada platform Edutech telah membuktikan kemampuannya dalam meningkatkan keamanan, transparansi, dan efisiensi dalam pengelolaan sertifikat pendidikan. Adanya proses otomatisasi dan desentralisasi yang ditawarkan oleh kontrak pintar, serta integritas data yang dijamin melalui Distributed Ledger, sistem yang dikembangkan dapat mengurangi risiko pemalsuan serta meningkatkan kepercayaan terhadap sertifikat yang diterbitkan. Sehingga dalam penerapan teknologi blockchain ini memiliki potensi besar untuk mengubah paradigma dalam manajemen sertifikat pendidikan, membawa manfaat signifikan dalam mendukung kebutuhan akan keamanan dan integritas data pada platform Edutech.

Daftar Pustaka

[1] Chinyamunjiko, Newton, Forbes Makudza, and Lucia Mandongwe. 2022. “The Nexus between *Blockchain* Distributed Ledger Technology and Financial Crimes.” *International Journal of Financial, Accounting, and Management* 4 (1): 17–30. https://doi.org/10.35912/ijfam.v4i1.815.

[2] Aini, Q, N Azizah, R Salam, N P L Santoso, and ... 2023. “Skema Kredibilitas Sertifikat Berbasis Ilearning Gamifikasi *Blockchain* Pada Kampus Merdeka.” *... Informasi Dan Ilmu ...* 10 (1): 203–14. https://doi.org/10.25126/jtiik.2023106164.

[3] Rahardja, Untung, Qurotul Aini, and Marviola Hardini. 2020. “The Role Of *Blockchain* As A Security Support For Student Profiles In Technology Education Systems.” *InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan* 4 (2): 203–7.

[4] Herwanto, Riko, Hari Sabita, and Fajrin Armawan. 2021. “Measuring Throughput and Latency Distributed Ledger Technology: Hyperledger.” *Journal of Information Technology Ampera* 2 (1): 17–31. https://doi.org/10.51519/journalita.volume2.isssue1.year2021.page17-31.

[5] Muttaqin, Adharul, Angger Abdul Razak, and Faris Aulia Ramadhan. 2022. “Rancang Bangun Teknologi *Blockchain* Pada Sistem Keamanan Data Jaringan Sensor.” *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)* 15 (2): 68–72. https://doi.org/10.21776/jeeccis.v15i2.1546.

[6] Sunarya, Po Abas. 2022. “Jurnal MENTARI : Manajemen Pendidikan Dan Teknologi Informasi Penerapan Sertifikat Pada Sistem Keamanan Menggunakan Teknologi *Blockchain*.” *Jurnal Mentari: Manajemen Pendidikan Dan Teknologi Informasi* 1 (1): 58–67.

[7] Swastika, Windra, Hermawan Wirasantosa, and Oesman Hendra Kelana. 2022. "Rancang Bangun Website Akademik Dengan Penyimpanan Sertifikat Digital Menggunakan Teknologi *Blockchain*." *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer* 9 (1): 33. https://doi.org/10.25126/jtiik.2021863645.

[8] Alfina, Alfina, and Syafrinal Syafrinal. 2022. "Model Sistem Verifikasi Dokumen Ijazah Digital Berbasis Teknologi *Blockchain*." *SMARTICS Journal* 8 (2): 59–65. https://doi.org/10.21067/smartics.v8i2.7718.

[9] Gousteris, Solonas, Yannis C. Stamatiou, Constantinos Halkiopoulos, Hera Antonopoulou, and Nikos Kostopoulos. 2023. "Secure Distributed Cloud Storage Based on the *Blockchain* Technology and *Smart Contract*s." *Emerging Science Journal* 7 (2): 469–79. https://doi.org/10.28991/ESJ-2023-07-02-012.

[10] Susanto, Ajib. 2020. "Implementation of *Smart Contract*s Ethereum *Blockchain* in Web-Based Electronic Voting (e-Voting)." *Jurnal Transformatika* 18 (1): 56. https://doi.org/10.26623/transformatika.v18i1.1779.

[11] Baihaiqi, Muhammad Rizqon, Siti Ummu Adillah, and Dahniarti Hasana. 2022. "Juridical Overview of the Use of *Smart Contract*s in Indonesia as a Form of Artificial Intelligence Development." *Sultan Agung Notary Law Review* 4 (1): 111.

[12] Wilona, Mariska Zena, Emmy Latifah, and Hari Purwadi. 2021. "Privacy Policy on *Smart Contract*s in E-Commerce Transactions." *Law Reform: Jurnal Pembaharuan Hukum* 17 (1): 47–60. https://doi.org/10.14710/lr.v17i1.37552.