Rancang Bangun Sistem *Ledger* Pencatatan Transaksi Toko Emas Berbasis *Blockchain* Menggunakan Sertifikat Digital ERC-721 dan Verifikasi QR *Code*

Achmad Dhanny Arcthurytho
Sistem informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Merdeka Malang
e-mai: arcthurytho22@gmail.com

Kata Kunci:

Blockchain
Smartcontract
Non-Fungible Token (NFT)
Web2.5
Audit Trail

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem ledger pencatatan transaksi toko emas berbasis blockchain menggunakan arsitektur hibrida (Web2.5) untuk menjamin kekekalan data (immutability) dan menyediakan jejak audit (audit trail) publik yang transparan. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) yang mengkombinasikan siklus Waterfall untuk pengembangan smart contract di jaringan Ethereum Sepolia Testnet, dan Prototyping untuk antarmuka pengguna. Aset fisik emas direpresentasikan sebagai Non-Fungible Token (NFT) berstandar ERC-721, dengan metadata yang dienkripsi pada IPFS Pinata. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan eksekusi minting mencapai ≥95% tanpa anomali pencatatan, serta sistem mampu memproses verifikasi publik melalui pemindaian QR Code secara mulus dan utuh tanpa adanya galat pemuatan (page load error). . Sistem ini terbukti menghasilkan ledger digital yang anti-manipulasi sekaligus mengatasi hambatan adopsi teknologi desentralisasi bagi konsumen awam.

Keyword:

Blockchain
Smartcontract
Non-Fungible Token (NFT)
Web2.5
Audit Trail

ABSTRACT

This research aims to design and build a blockchain-based transaction ledger system for gold shops using a hybrid architecture (Web2.5) to ensure data immutability and provide a transparent public audit trail. The method used is Research and Development (R&D) which combines the Waterfall cycle for smart contract development on the Ethereum Sepolia Testnet, and Prototyping for the user interface. Physical gold assets are represented as Non-Fungible Tokens (NFTs) compliant with the ERC-721 standard, with metadata encrypted on IPFS Pinata. Test results show a minting execution success rate of ≥95% without recording anomalies, and the system is capable of processing public verification through QR Code scanning smoothly and intact without any page load errors. This system has proven to produce an anti-manipulation digital ledger while also overcoming the barriers to adopting decentralized technology for lay consumers.

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

I. PENDAHULUAN

Emas merupakan instrumen investasi jangka panjang (*safe haven*) yang sangat diminati, di mana nota atau sertifikat fisik memegang peranan krusial sebagai bukti sah dan penentu nilai saat buyback. Namun, ketergantungan pada administrasi kertas rentan terhadap kerusakan, kehilangan, dan pemotongan harga sepihak, sementara sistem basis data terpusat masih berisiko mengalami manipulasi internal (*fraud*) dan kegagalan tunggal (*single point of failure*). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sistem ledger transaksi toko emas berbasis *blockchain* menggunakan arsitektur *hybrid* (Web2.5). Melalui metode Research and Development (R&D), sistem ini mengintegrasikan pengembangan smart contract berstandar ERC-721 pada jaringan Ethereum Sepolia Testnet dengan penyimpanan metadata IPFS Pinata. Pendekatan *hybrid* ini dirancang untuk menjamin kekekalan data (immutability) dan menyediakan jejak audit publik yang transparan melalui verifikasi QR *Code* secara instan, sekaligus membebaskan konsumen awam dari hambatan teknis tanpa kehilangan kedaulatan kepemilikan aset bagi pengguna *tech-savvy*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan pada:

1. Bagaimana merancang dan membangun arsitektur sistem ledger transaksi toko emas berbasis blockchain yang menjamin kekekalan data (*immutability*) dan menyediakan jejak audit (*audit trail*) transparan bagi pencatatan ritel?
2. Bagaimana membangun platform *Hybrid* yang memungkinkan konsumen awam memverifikasi nota melalui QR *Code* secara publik tanpa perlu melakukan autentikasi (*login*), sekaligus mengakomodasi fitur kepemilikan NFT secara mandiri bagi konsumen yang memiliki alamat dompet (*wallet*) Sepolia?

II. METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang berfokus pada perancangan, pembuatan, dan pengujian purwarupa (*prototype*) aplikasi terdesentralisasi (DApp). Pengembangan sistem mengadopsi model hibrida, yaitu kombinasi dari siklus Waterfall (SDLC) dan pendekatan *Prototyping*. Model Waterfall diimplementasikan secara ketat pada tahap rekayasa *smart contract* guna memastikan kepastian rancangan alur logika sebelum kode diluncurkan (di-*deploy*), mengingat sifat *blockchain* yang tidak dapat diubah (*immutable*). Sementara itu, model *Prototyping* digunakan secara iteratif pada pengembangan antarmuka Web2.5 (*front-end*) untuk mengoptimalkan pengalaman pengguna dari sisi admin dan konsumen.

Perancangan Arsitektur dan Lingkungan Sistem

Sistem dikembangkan dengan membagi dua beban kerja (workload): beban komputasi administratif dan antarmuka verifikasi publik. Pengembangan smart contract dilakukan di dalam lingkungan Remix IDE menggunakan bahasa pemrograman *Solidity* dan dieksekusi pada jaringan uji

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

coba *Ethereum Sepolia Testnet*. Penyimpanan visual aset dan metadata fisik emas didistribusikan melalui *InterPlanetary File System* (IPFS) memanfaatkan *gateway* Pinata untuk mendapatkan kode hash kriptografi yang permanen. Untuk menunjang autentikasi hibrida pada pengelola, sistem memanfaatkan BaaS dari Supabase yang diintegrasikan dengan ekstensi dompet digital MetaMask.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data tidak menggunakan kuesioner, melainkan bertumpu pada observasi teknis dan pengujian empiris (*technical testing*). Pengujian Kotak Hitam (*Black-Box Testing*) diterapkan untuk mengukur kelancaran antarmuka dan interaksi pengguna, sementara log jaringan (*network logs*) digunakan untuk menarik data kuantitatif dari smart contract. Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif-kuantitatif dengan mengevaluasi tiga parameter fundamental: tingkat transparansi dan imutabilitas on-chain, latensi dan kelancaran pemuatan data (*latency*), serta efisiensi beban operasional jaringan komputasi (*gas fee*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Arsitektur Sistem

Penelitian ini berhasil mentransformasikan rancangan konseptual menjadi perangkat lunak fungsional bernama "*Arca Golden's Generation*" yang bertumpu pada tiga pilar integrasi utama:

- Penerapan *Smart Contract* pada Jaringan Sepolia: Smart contract beroperasi secara otonom layaknya notaris digital, mengatur proses penerbitan (*minting*) NFT berstandar ERC-721 yang mengikat atribut fisik emas ke dalam entitas kriptografi unik sebagai digital twin.
- Sistem Antarmuka Administratif: Pihak toko diposisikan sebagai gatekeeper (penjaga gerbang) otoritatif melalui antarmuka dasbor manajerial yang mengawinkan basis data Web2 dengan otorisasi Web3, memungkinkan eksekusi penerbitan, pemindahtanganan (Transfer), dan pemusnahan token (*Burn*).
- Sistem Antarmuka Verifikasi Publik: Portal read-only dirancang transparan agar konsumen dapat memvalidasi keaslian perhiasan secara real-time dengan memindai QR Code atau memasukkan ID token, tanpa perlu melakukan registrasi akun.

Evaluasi Integritas Data dan Efektivitas Web2.5

Berdasarkan hasil pengujian empiris pada sisi administratif, sistem mampu mencapai tingkat keberhasilan eksekusi *minting* sebesar 100% tanpa adanya anomali pencatatan, yang memenuhi dan melampaui hipotesis awal penelitian (≥95%). Teknologi ini terbukti mengamankan kekekalan data (*immutability*), sehingga spesifikasi dan rekam jejak aset terlindungi mutlak dari manipulasi sepihak (*fraud*) akibat kelemahan basis data terpusat.

Pendekatan hibrida (Web2.5) terbukti krusial dalam memanusiakan kecanggihan teknologi blockchain bagi masyarakat luas. Dengan membebankan interaksi dan biaya komputasi jaringan (*gas*

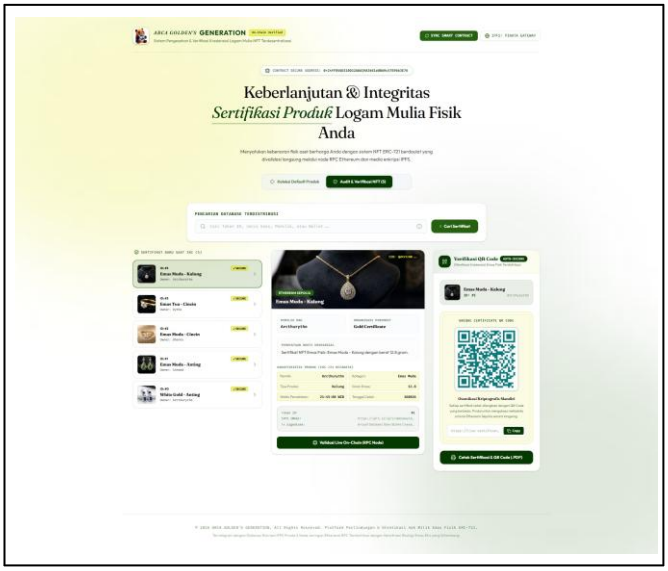
Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

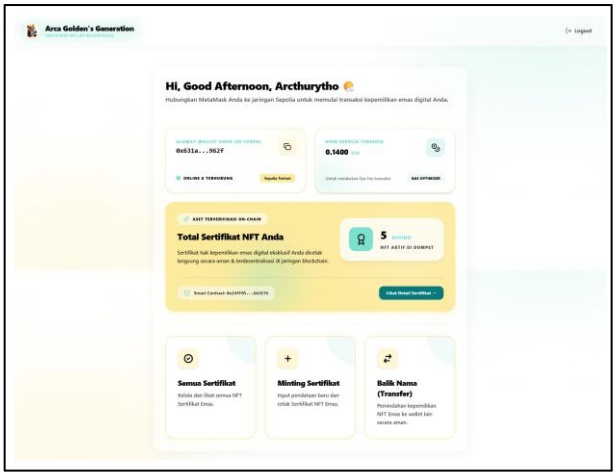
fee) sepenuhnya pada admin toko, konsumen publik terbebas dari hambatan teknis (barrier to entry). Pengujian memvalidasi bahwa sistem mampu mengekstrak data dari IPFS dan smart contract saat QR Code dipindai, lalu merender antarmuka detail sertifikat secara utuh dan instan tanpa hambatan pemuatan (*page load error*).

Analisis Efisiensi Biaya Operasional (*Gas Fee*) dan Kedaulatan Data

Analisis terhadap log transaksi on-chain membuktikan bahwa smart contract telah dirancang dengan efisiensi tinggi tanpa memboroskan sumber daya jaringan. Data menunjukkan bahwa beban operasional (*Txn Fee*) untuk mengeksekusi fungsi pencetakan (*Safe Mint*) memiliki nilai rata-rata sebesar 0,0004508 ETH per transaksi. Dengan proyeksi nilai konversi aset kripto pada saat pengujian berlangsung, biaya komputasi tersebut hanya memakan estimasi sekitar Rp 15.014,- per keping sertifikat digital. Alokasi beban keamanan ini terbukti sangat rasional dan layak secara ekonomi (*feasible*) untuk diterapkan pada skala perdagangan perhiasan ritel.



Gambar 1. *Design* Aplikasi *Customer*



Gambar 2. *Design* Aplikasi *Create* Sertifikat untuk Pemelik Toko (Admin)

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

Sistem ini menjamin kedaulatan data melalui mekanisme trustless untuk pemindahan aset NFT ke dompet pribadi, sekaligus menyajikan analisis hasil uji coba (*Black-Box Testing*) yang membuktikan keandalan arsitektur Web2.5 dan smart contract dalam mengatasi kelemahan pencatatan emas konvensional.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsional Sistem (*Black-Box Testing*)

Fitur / Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
Autentikasi (Valid): *Login* dengan kredensial benar dan menghubungkan dompet.	Sistem mengarahkan ke dashboard dan menampilkan saldo ETH Sepolia.	Sistem berhasil memvalidasi kredensial via Supabase. Menampilkan Nama Pengguna dan MetaMask terhubung dengan sukses, menampilkan saldo.	VALID
Minting Sertifikat (Berhasil): Input data lengkap dan menyetujui transaksi *Gas Fee*.	Data metadata dienkripsi ke Pinata IPFS. Sistem mengeksekusi smart contract. Notifikasi sukses muncul.	Notifikasi "Sertifikat berhasil dicetak dan; muncul. ID Token baru tercatat di dashboard dan terverifikasi di Sepolia Etherscan.	VALID

Tabel 1 merepresentasikan cuplikan hasil pengujian sistem administratif. Secara keseluruhan, tingkat keberhasilan pencetakan (*minting*) dan transfer mencapai 100% tanpa adanya galat sistem.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengembangan, dan pengujian, penelitian ini menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang bangun ledger pencatatan transaksi toko emas menggunakan arsitektur *blockchain* di jaringan Sepolia Testnet terbukti berhasil mengunci integritas data aset ke dalam NFT ERC-721 yang anti-manipulasi (*immutable*). Pemusatan otorisasi pencetakan pada pihak toko sukses memitigasi risiko kegagalan sistem tunggal, dengan rekam pengujian yang menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dan efisiensi biaya operasional yang sangat masuk akal (berkisar Rp 15.014,- per transaksi).
2. Implementasi antarmuka berpendekatan hibrida (Web2.5) sukses menjembatani hambatan teknis adopsi desentralisasi bagi konsumen. Masyarakat awam difasilitasi dengan fitur verifikasi instan berbasis QR Code yang berjalan mulus tanpa kewajiban memiliki dompet digital, sembari sistem tetap menyediakan fleksibilitas transfer kepemilikan token secara mandiri dan mutlak bagi konsumen *tech-savvy*.

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076

DAFTAR RUJUKAN

[1] B. D. Adhijoso, "Legalitas penerapan smart contract dalam asuransi pertanian di Indonesia," Jurist-Diction, vol. 2, no. 2, pp. 395–414, 2019.

[2] M. J. Andara, H. Wijayanto, N. Agitha, R. B. Huwae, D. Wiraguna, and M. Rahaman, "Blockchain-based supply chain solution using IPFS and QR technology for traditional weave in West Nusa Tenggara," Jurnal Infotel, 2024.

[3] B. Baihaqsani, A. Kusyanti, and P. H. Trisnawan, "Implementasi teknologi blockchain dengan sistem smart contract pada klaim asuransi," Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 11, no. 5, pp. 1105–1112, 2024.

[4] CoinMarketCap, "Ethereum (ETH) Historical Data - July 16, 2026," 2026.

[5] D. Danendra, "Keabsahan perjanjian jual beli crypto aset menggunakan smart contract," Skripsi, Universitas Islam Indonesia, DSpace UII, 2021.

[6] M. M. Faris, "Tinjauan hukum Islam dan hukum positif dalam transaksi NFT (Non-Fungible Token) menggunakan kripto," Skripsi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, Walisongo Repository, 2023.

[7] M. Firmansyah, "Analisis penerapan audit berbasis teknologi dalam mendeteksi fraud pada era transformasi digital," At-Tajir: Jurnal Manajemen Bisnis Syariah, vol. 3, no. 2, 2026.

[8] A. N. Fitriyani, "Keamanan dan keabsahan data akademik berbasis blockchain pada perguruan tinggi Indonesia," Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Ilmu Sosial, vol. 7, no. 2, pp. 1340–1349, 2026.

[9] I. R. Kurnia, "Smart contract jual beli melalui jaringan blockchain perspektif hukum Islam," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, Digilib UIN Suka, 2023.

[10] A. H. Mirza and R. A. Pratama, "Penerapan teknologi blockchain untuk meningkatkan keamanan dan privasi rekam data medis pasien di Puskesmas Kampus Palembang," Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi), vol. 10, no. 2, pp. 664-673, 2026.

[11] D. Muhammad, "Karakteristik perjanjian jual beli dengan smart contract dalam e-commerce," Jurist-Diction, vol. 3, no. 4, pp. 1335-1358, 2020.

[12] A. Nabilla and S. Suherman, "Smart contracts in non-fungible token transactions using cryptocurrency (case study on Ghozali Everyday)," Law Development Journal, vol. 7, no. 4, p. 624, 2025.

[13] N. Nadya, "Prospek dan tantangan dalam investasi NFT sebagai salah satu produk aset kripto," Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Etheses UIN Malang, 2022.

[14] Y. Siregar and M. Hisyam, "The blockchain integration in cloud accounting for

Copyright © SENASIF 2026
ISSN: 2598-0076

financial statement recognition," Jurnal Ilmiah Akuntansi Kesatuan, vol. 13, no. 4, pp. 655–666, 2025.

[15] Sudaryono, U. Rahardja, and E. R. Roem, "Application of blockchain technology for iLearning student assessment," IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems), vol. 14, no. 2, pp. 173-182, 2020.

[16] Y. R. Sudradjat, "Sistem registrasi dan pengamanan sertifikat tanah digital berbasis geospatial dan teknologi blockchain," Skripsi, Universitas Komputer Indonesia, Elibrary UNIKOM, 2023.

[17] N. Wulan and R. A. Setyawan, "Feasibility study of using blockchain technology for criminal records in Central Java," IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems), vol. 18, no. 4, 2024.

Copyright © SENASIF 2026

ISSN: 2598-0076