IMPLEMENTASI SMART CONTRACT BERBASIS BLOCKCHAIN PADA JARINGAN POLYGON UNTUK PENERBITAN DAN VERIFIKASI SERTIFIKAT

SKRIPSI

Asep Teguh Hidayat

20210040088

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN

UNIVERSITAS NUSA PUTRA

SUKABUMI

AGUSTUS 2025

IMPLEMENTASI SMART CONTRACT BERBASIS BLOCKCHAIN PADA JARINGAN POLYGON UNTUK PENERBITAN DAN VERIFIKASI SERTIFIKAT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Dalam Menempuh Skripsi
Di Program Studi Teknik Informatika

ASEP TEGUH HIDAYAT

20210040088

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN

UNIVERSITAS NUSAPUTRA

SUKABUMI

AGUSTUS 2025

Nusa Putra
UNIVERSITY
2002
AMOR DEUS, PARENTIUM, CONCERVIS

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : IMPLEMENTASI SMART CONTRACT BERBASIS BLOCKCHAIN PADA JARINGAN POLYGON UNTUK VERIFIKASI DAN PENERBITAN SERTIFIKAT

NAMA : ASEP TEGUH HIDAYAT

NIM 20210040088

”Saya menyatakan dan bertanggung jawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah dijelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka penulis bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Komputer beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi 11 Agustus 2025

Asep Teguh Hidayat

Penulis

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL	: IMPLEMENTASI SMART CONTRACT BERBASIS BLOCKCHAIN PADA JARINGAN POLYGON UNTUK VERIFIKASI DAN PENERBITAN SERTIFIKAT
NAMA PENULIS	: ASEP TEGUH HIDAYAT
NIM PENULIS	20210040088

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 11 Agustus 2025. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Komputer (S.Kom).

Sukabumi, 11 Agustus 2025

Pembimbing, I	Pembimbing, II
Zaenal Alamsyah, M.Kom.	**Ir. Somantri, S.T., M.Kom.**
NIDN. 0409069602	NIDN. 0419128801

Ketua Penguji	Ketua Program Studi Teknik Informatika,
Adrian Reza M.T.	**Ir. Somantri, S.T., M.Kom.**
NIDN. 0428078801	NIDN. 0419128801

PLH Dekan Fakultas Teknik, Komputer Dan Desain,

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., Asean Eng.
NIDN. 402037401

ABSTRAK

Sertifikat sebagai bukti kompetensi atau kepemilikan sangat rentan terhadap pemalsuan dan inefisiensi pada sistem tradisional. Penelitian ini mengimplementasikan *smart contract* berbasis *blockchain* pada jaringan Polygon untuk menghadirkan solusi penerbitan dan verifikasi sertifikat digital yang aman, transparan, dan terdesentralisasi. Menggunakan metode *prototyping* dalam pengembangan *Decentralized Application* (DApp), pengujian fungsionalitas menunjukkan semua fitur bekerja sesuai harapan, termasuk deteksi modifikasi sertifikat. Pengujian integritas sertifikat yang disajikan secara runut membuktikan kemampuan sistem dalam memverifikasi sertifikat asli, mendeteksi sertifikat yang dimodifikasi/dipalsukan, dan mengidentifikasi sertifikat tidak terdaftar, menegaskan kemampuan anti-pemalsuan sistem. Pengujian kinerja pada Polygon *mainnet* mengindikasikan penerbitan sertifikat memiliki rata-rata waktu respons 16,6 detik dengan biaya *gas fee* 0,009826933 MATIC. Sementara itu, verifikasi sertifikat sangat cepat dengan rata-rata waktu respons 6,12 detik dan tidak memerlukan biaya *gas*, keduanya mencapai tingkat keberhasilan 100%. Pengujian *smart contract* juga mengonfirmasi bahwa kontrak berfungsi sesuai logika, berhasil memproses penerbitan valid serta efektif menolak transaksi tidak sah. Dengan demikian, implementasi ini berhasil menyajikan solusi inovatif untuk pengelolaan sertifikat digital yang berlandaskan keamanan, transparansi, dan desentralisasi, secara efektif meminimalisir risiko pemalsuan serta menunjukkan kinerja yang baik.

Kata Kunci: Blockchain, Polygon, Smart Contract, Sertifikat Digital, DApp, IPFS, Verifikasi.

ABSTRACT

Certificates, crucial documents for proof of competence or ownership, are highly susceptible to forgery and inefficiencies within traditional systems. This research implements blockchain-based smart contracts on the Polygon network to address these challenges, offering a secure, transparent, and decentralized solution for digital certificate issuance and verification. Utilizing a prototyping methodology in Decentralized Application (DApp) development, functional testing revealed all features operated as expected, including the detection of modified certificates. Step-by-step integrity testing demonstrated the system's ability to verify original certificates, detect modified/forged certificates, and identify unregistered ones, confirming the system's anti-forgery capability. Performance testing on the Polygon mainnet indicated that certificate issuance had an average response time of 16.6 seconds with an average gas fee of 0.009826933 MATIC. Meanwhile, certificate verification was remarkably fast with an average response time of 6.12 seconds and incurred no gas fee, both achieving a 100% success rate. Smart contract testing further confirmed that the contract functioned as intended, successfully processing valid issuances while effectively rejecting unauthorized transactions. Thus, this implementation successfully presents an innovative solution for digital certificate management founded on security, transparency, and decentralization, effectively minimizing forgery risks and demonstrating good performance.

Keywords: *Blockchain, Polygon, Smart Contract, Digital Certificate, DApp, IPFS, Verification.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu. Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Sehubungan dengan itu, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini:

1. Bapak Dr. Kurniawan, S.T., M.Si., MM. selaku Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi, atas dukungan yang telah diberikan.
2. Bapak Anggi Pradifa Junfithrana, S.Pd., M.T. selaku Wakil Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi, atas arahan dan motivasi.
3. Bapak Ir. Somantri, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika, atas dukungan akademik yang berharga.
4. Bapak Zaenal Alamsyah, M.Kom dan Bapak Ir. Somantri, S.T., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing serta membantu penulis dalam kelancaran proses penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Ernawati, ibunda penulis, terimakasih atas setiap pengorbanan, keringat, kerja keras, doa, dan kasih sayang yang tiada henti. Beribu-ribu doa dilangitkan untuk kebahagiaan mamah, semoga hingga akhir hidup ini penulis bisa memberikan kebahagiaan yang berlimpah. Terima kasih ibu petaniku, semoga kaki dan ragamu selalu kuat untuk melihat dan membersamai di setiap proses kehidupan ini.
6. Ibu Nurhayati, selaku nenek penulis, yang telah menjadi malaikat penolong di saat kehidupan penulis runtuh. Beliau adalah salah satu garda terdepan bagi penulis di setiap kesulitan. Terima kasih atas segala pengorbanan dan kasih sayang tiada tara yang diberikan, berkat beliau, penulis bisa berada di titik ini.
7. Bapak Jejen, selaku kakek penulis, terima kasih atas kasih sayang dan dukungan yang tak pernah putus.

8. Paman penulis, Bapak Dedi Riswanto beserta keluarga, dan Bapak Saedi Hariyanto beserta keluarga, terima kasih atas segala pertolongan dan kasih sayang yang telah diberikan.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Informatika, khususnya TI21E, terima kasih atas persahabatan yang solid dan telah menjadi tempat serta teman baik dalam suka maupun duka.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat di harapakan demi perbaikan. Amin Yaa Rabbal ’Alamiin.

Sukabumi, 2025

ASEP TEGUH HIDAYAT

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, kami yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	**: Asep Teguh Hidayat**
NIM	**20210040088**
Program Studi	**: Teknik Informatika**
Jenis Karya	**: Skripsi**

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Noneksklusif *(Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

"IMPLEMENTASI SMART CONTRACT BERBASIS BLOCKCHAIN PADA JARINGAN POLYGON UNTUK PENERBITAN DAN VERIFIKASI SERTIFIKAT

", beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di:Sukabumi

Pada tanggal: Agustus 2025

Yang Menyatakan,

Asep Teguh Hidayat

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BAB I
PENDAHULUAN

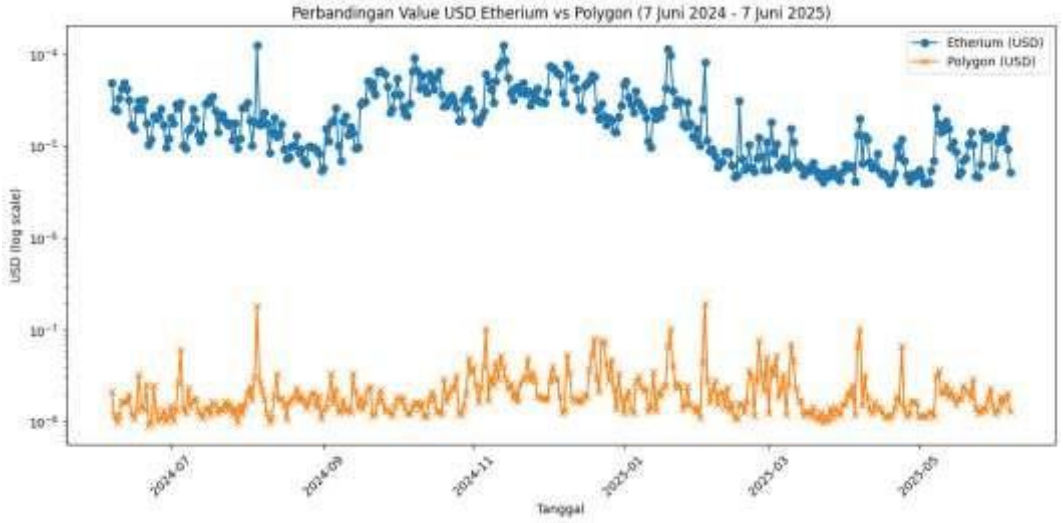
1.1 Latar Belakang

Sertifikat adalah dokumen resmi yang dikeluarkan oleh pihak yang berwenang, yang berfungsi sebagai bukti kepemilikan atau sebagai pernyataan terkait suatu peristiwa[1]. Sertifikat ini menjadi bukti formal dari kompetensi seseorang dan memiliki peran penting dalam berbagai kebutuhan administratif, seperti melamar pekerjaan atau memenuhi persyaratan pendidikan lanjutan. Namun, sistem penerbitan dan verifikasi sertifikat tradisional masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama dalam memastikan keaslian dan efisiensi proses verifikasinya[2][3]

Untuk mengatasi tantangan tersebut, teknologi *blockchain* hadir sebagai solusi inovatif. *Blockchain* adalah teknologi desentralisasi yang memungkinkan data disimpan secara aman, transparan, dan tidak dapat diubah[4]. Dengan fitur *smart contract*, proses penerbitan dan verifikasi sertifikat dapat dilakukan secara otomatis sesuai aturan yang telah ditentukan. Teknologi ini tidak hanya memastikan keaslian sertifikat, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan mengurangi ketergantungan pada sistem terpusat.

Polygon merupakan platform *blockchain* yang sangat potensial untuk digunakan dalam aplikasi penerbitan dan verifikasi sertifikat digital, terutama karena keunggulan biaya transaksinya yang jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan blockchain lainnya [5]. Kondisi ini sangat berbeda dengan *Ethereum*, yang hingga saat ini dikenal memiliki biaya transaksi yang jauh lebih tinggi serta ditambah lagi dengan fluktuasi harga gas yang signifikan, sehingga membuat biaya penggunaannya menjadi tidak stabil dan sering kali mahal [7][8]. Meskipun Ethereum tetap menawarkan tingkat keamanan yang sangat tinggi, yang menjadi salah satu alasan mengapa banyak pihak masih menggunakannya, Polygon sebagai solusi layer-2 tetap dapat memanfaatkan infrastruktur keamanan Ethereum tersebut namun dengan memberikan efisiensi biaya yang jauh lebih baik, menjadikannya

sebagai pilihan yang lebih optimal untuk aplikasi yang sensitif terhadap biaya, seperti halnya sistem penerbitan dan verifikasi sertifikat digital[7].



Gambar 1.1 Perbandingan Gassfee Polygon dan Ethereum

Tabel 1.1 Perbandingan Gass Fee

Bulan	Polygon Gwei Rata-rata (Perkiraan)	Polygon Estimasi Biaya (USD)	Ethereum Gwei Rata-rata (Perkiraan)	Ethereum Estimasi Biaya (USD)
Jun 2024	50	0.000219s	10	0.52353
Jul 2024	70	0.000307	10	0.52353
Agu 2024	80	0.000350	10	0.52353
Sep 2024	120	0.000525	20	1.04706
Okt 2024	200	0.000875	25	1.308825
Nov 2024	300	0.001312	30	1.57059
Des 2024	250	0.001093	20	1.04706
Jan 2025	400	0.001749	15	0.786045
Feb 2025	250	0.001093	10	0.52353
Mar 2025	150	0.000656	8	0.418824

Apr 2025	100	0.000437	7	0.368361
Mei 2025	80	0.000350	6	0.314196

Berdasarkan data yang disajikan, terlihat perbandingan biaya gas rata-rata antara Polygon dan Ethereum dari Juni 2024 hingga Mei 2025[5][6]. Secara umum, biaya gas di Polygon, yang diukur dalam Gwei, menunjukkan fluktuasi yang signifikan dengan puncak pada Januari 2025 sebesar 400 Gwei, dan estimasi biaya dalam USD tetap sangat rendah, selalu di bawah $0.002. Sebaliknya, biaya gas Ethereum, meskipun lebih stabil dalam Gwei (berkisar antara 6 hingga 30 Gwei), memiliki estimasi biaya dalam USD yang jauh lebih tinggi dibandingkan Polygon, berkisar antara $0.31 hingga $1.57, menegaskan bahwa Ethereum memiliki biaya transaksi yang secara substansial lebih mahal dibandingkan Polygon.

Berdasarkan permasalahan dan potensi yang telah dijelaskan, implementasi *smart contract* berbasis *blockchain* pada jaringan Polygon diharapkan dapat menjadi solusi efektif untuk mengatasi risiko pemalsuan dan inefisiensi dalam sistem penerbitan serta verifikasi sertifikat. Dengan memanfaatkan teknologi ini, sertifikat digital dapat diterbitkan dan diverifikasi secara otomatis, aman, dan transparan. Hal ini tidak hanya memberikan perlindungan terhadap integritas data, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional lembaga penerbit sertifikat. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal untuk mengembangkan sistem sertifikat digital yang lebih modern dan dapat diandalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penerbitan dan verifikasi sertifikat yang dilakukan melalui teknologi smart contract pada jaringan Polygon perlu dilakukan pengujian dengan berbagai variabel implementasi untuk mendapatkan solusi terbaik dalam penerbitan dan verifikasi sertifikat yang aman dan efisien. Maka rumusan masalah yang dapat diangkat sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan smart contract pada jaringan Polygon untuk penerbitan dan verifikasi sertifikat?

2. Bagaimana mengintegrasikan *Decentralize application* dengan jaringan Polygon untuk memudahkan penerbitan dan verifikasi sertifikat secara terdesentralisasi?
3. Bagaimana Kinerja Jaringan Polygon untuk Penerbitan dan verifikasi Sertifikat?

1.3 Batasan Masalah

Dengan permasalahan yang telah disebutkan, maka kami membatasi masalah yaitu sebagai berikut:

1. Lingkup penelitian ini terbatas pada pengembangan *Dapp* yang digunakan untuk penerbitan dan verifikasi sertifikat berbasis smart contract di jaringan Polygon, dengan fokus pada aplikasi *SAAS(Software As a Service)* penerbitan sertifikat
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *prototyping*, yang mencakup tahapan perancangan *Dapp*, pengembangan *smart contract* pada jaringan Polygon, serta evaluasi sistem berdasarkan fungsionalitas, keamanan, dan *usability Dapp* yang dikembangkan.
3. Penelitian ini tidak mencakup implementasi fitur pencabutan sertifikat (*revoke function*) pada *smart contract* setelah sertifikat diterbitkan, sehingga status sertifikat di blockchain tidak dapat diubah menjadi tidak valid pasca penerbitan.
4. Pengujian kinerja tidak mencakup evaluasi skalabilitas sistem secara komprehensif melalui *load testing* ekstensif atau pengujian *throughput* dengan banyak *user*/wallet secara bersamaan.
5. Fokus pengujian keamanan dalam penelitian ini terbatas pada validasi integritas data sertifikat dan kemampuan sistem mendeteksi pemalsuan, serta tidak mencakup jenis pengujian keamanan yang lebih luas seperti *penetration testing* atau *audit smart contract* mendalam oleh pihak ketiga.
6. Pengukuran *usabilitas* sistem dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif berdasarkan observasi namun belum mencakup pengujian *usabilitas* formal dengan metodologi terukur yang melibatkan kelompok *user* uji.

7. Penerapan IPFS dalam sistem ini tidak menggunakan pinning service atau node privat, sehingga keandalan file dalam jangka panjang tergantung pada ketersediaan node publik IPFS.
8. Implementasi belum mencakup integrasi sistem dengan lembaga resmi (seperti kampus atau instansi sertifikasi), sehingga penggunaan sistem masih bersifat simulatif dan belum diuji dalam konteks operasional sebenarnya.
9. Penggunaan jaringan Polygon mainnet dilakukan dengan asumsi kondisi jaringan optimal, tanpa mempertimbangkan skenario ketika jaringan mengalami kemacetan (*congestion*) atau lonjakan *gas fee* ekstrem.
10. Tidak dilakukan perbandingan langsung dengan platform verifikasi sertifikat lainnya (misalnya: Credly, Sertiva, atau SertivaID), sehingga efektivitas solusi belum dibandingkan secara kuantitatif.
11. Sistem hanya mendukung penyesuaian data sertifikat pada nama penerima, sementara data lain seperti tanggal, judul pelatihan, atau nilai belum dapat dikustomisasi.
12. Alat Yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
    a) *Framework* pengembangan *Dapp* berbasis React.js untuk antarmuka pengguna.
    b) *Library* Ethers.js untuk interaksi dengan jaringan Polygon.
    c) *Smart contract* yang ditulis menggunakan bahasa Solidity dan di-deploy di jaringan Polygon.
    d) MetaMask sebagai metode autentikasi pengguna untuk berinteraksi dengan blockchain.
    e) Penyimpanan Sertifikat: Mengintegrasikan IPFS (*InterPlanetary File System*) sebagai media penyimpanan terdesentralisasi untuk sertifikat, sehingga memastikan keamanan dan integritas data.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari uraian latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Merancang dan mengimplementasikan *smart contract* untuk penerbitan dan verifikasi sertifikat digital di jaringan Polygon.

2. Mengintegrasikan sistem verifikasi sertifikat berbasis blockchain untuk memastikan keaslian dan integritas data sertifikat yang diterbitkan.
3. Menganalisis kinerja Dapp dalam hal kecepatan dan biaya transaksi untuk penerbitan serta verifikasi sertifikat di jaringan Polygon.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dengan menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam proses penerbitan serta verifikasi sertifikat digital. Melalui pemanfaatan teknologi *blockchain*, proses ini dapat dilakukan secara otomatis, aman, dan terdesentralisasi, yang secara substansial mengurangi potensi pemalsuan sertifikat dan sekaligus meningkatkan kepercayaan terhadap sertifikat yang diterbitkan. Lebih lanjut, sistem ini menyediakan mekanisme verifikasi sertifikat yang transparan dan mudah diakses oleh semua pihak, memungkinkan pengguna untuk memverifikasi keaslian sertifikat tanpa perlu bergantung pada pihak ketiga, sehingga secara signifikan meningkatkan kemudahan dan efisiensi dalam proses verifikasi.

Selain itu, penerapan sistem verifikasi sertifikat berbasis blockchain ini diharapkan dapat menjadi katalisator bagi adopsi teknologi blockchain di sektor pendidikan, pelatihan, dan sertifikasi profesional. Hal ini dapat membawa dampak positif yang luas bagi pelaku industri yang membutuhkan sistem verifikasi yang lebih aman, efisien, dan terjangkau, serta secara fundamental mendorong inovasi dalam bidang sertifikasi digital secara umum.

1.6 Sistematika Penelitian

Memberikan gambaran secara garis besar, dalam hal ini dijelaskan isi dari masing masing bab dari tugas akhir ini. Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang hal-hal yang membahas tentang latar belakang pemilihan judul skripsi, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat dan tujuan penelitian.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi tentang penelitian terkait, landasan teori dan kerangka pemikiran.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang tahapan penelitian dan metode pengumpulan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil dan pembahasan yang dilakukan selama penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan tentang jawaban terhadap tercapai atau tidaknya tujuan penelitian serta temuan-temuan baru yang diperoleh saat penelitian

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sebuah sistem penerbitan serta verifikasi sertifikat digital yang inovatif, beroperasi penuh di atas teknologi blockchain Polygon. Implementasi *smart contract CertificateRegistry* pada Polygon *mainnet* berperan sebagai fondasi utama yang berkontribusi signifikan pada peningkatan keaslian dan integritas data sertifikat.

Pengujian fungsionalitas yang komprehensif telah menunjukkan bahwa seluruh fitur utama aplikasi, mulai dari proses *login* hingga manajemen *template*, penerbitan, dan verifikasi sertifikat, berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tidak ditemukan *bug* kritis yang menghambat operasional sistem, menegaskan stabilitas fungsional aplikasi.

Lebih lanjut, pengujian integritas sertifikat, yang disajikan secara *step by step* dengan bukti visual, secara spesifik membuktikan kemampuan sistem dalam memverifikasi sertifikat asli, mendeteksi sertifikat yang dimodifikasi/dipalsukan, dan mengidentifikasi sertifikat yang tidak terdaftar. Hasil konsisten dari pengujian ini menegaskan bahwa setiap upaya untuk memanipulasi atau memperkenalkan sertifikat palsu akan terdeteksi, sehingga menjamin tingkat kepercayaan yang tinggi terhadap dokumen yang diterbitkan melalui sistem.

Dari sisi kinerja, pengujian mengindikasikan efisiensi dari jaringan Polygon. Untuk penerbitan sertifikat, waktu respons rata-rata tercatat 16,6 detik dari 15 kali percobaan, dengan biaya *gas fee* rata-rata 0,009826933 MATIC. Angka ini mengindikasikan karakteristik biaya transaksi yang rendah dan kecepatan yang kompetitif dari Polygon. Sementara itu, verifikasi sertifikat menunjukkan performa yang cepat dan efisien biaya, dengan rata-rata waktu respons 6,12 detik dari 30 percobaan dan tidak memerlukan biaya *gas* karena bersifat *read-only*. Tingkat keberhasilan 100% pada kedua operasi tersebut menunjukkan keandalan sistem.

Secara komprehensif, seluruh hasil pengujian baik fungsionalitas, integritas, maupun kinerja secara kuat mendukung jawaban terhadap rumusan masalah penelitian. Solusi ini menyajikan pendekatan yang aman, efisien, transparan, dan terdesentralisasi untuk pengelolaan sertifikat digital. Dengan kemampuannya dalam

mencegah pemalsuan, menawarkan kemudahan penggunaan, serta menunjukkan kinerja yang memuaskan di jaringan Polygon, sistem ini menunjukkan potensi besar untuk adopsi dan aplikasi di berbagai sektor yang membutuhkan validasi dokumen digital yang terpercaya dan terdesentralisasi.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan pengalaman selama penelitian ini, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut di masa mendatang. Dari aspek fungsionalitas, pengembangan dapat difokuskan pada penambahan fitur manajemen siklus hidup sertifikat yang lebih kompleks, seperti pembatalan dengan alasan spesifik atau pembaruan versi.

Dari sisi teknis dan kinerja, eksplorasi lebih lanjut dapat mencakup perbandingan kinerja dan biaya dengan jaringan blockchain lain yang kompatibel dengan EVM atau solusi *Layer-2* Polygon yang lebih canggih untuk mengidentifikasi opsi yang lebih optimal. Meskipun pengujian awal menunjukkan kinerja yang baik, pengujian beban yang lebih ekstensif dengan simulasi *throughput* tinggi dapat dilakukan untuk memahami batas kapasitas sistem di bawah penggunaan skala besar. Untuk aspek keamanan, implementasi mekanisme privasi yang lebih canggih, seperti *Zero-Knowledge Proofs* (ZKP) atau *private sidechains*, dapat dieksplorasi untuk data sensitif. Terakhir, untuk potensi adopsi dan komersialisasi, studi kelayakan yang lebih mendalam mengenai penerapan sistem ini sebagai platform Software as a Service (SaaS), termasuk analisis pasar dan model bisnis yang berkelanjutan, sangat direkomendasikan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, "Sertifikat." Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/sertifikat

[2] S. A. Habibi, G. S. Prambudi, T. Trisnawati, and R. Wulandari, "Transformasi Digital Administrasi Pertanahan : Implementasi Dan Tantangan Sertipikat Elektronik Di Indonesia," 2025.

[3] S. Hidayah, "Tantangan dan Peluang Sertifikat Elektronik dalam Reformasi Pendaftaran Tanah di Era Digital .," vol. 1, no. 6, pp. 186–199, 2024.

[4] S. Oknora Firza, Yuhandri, and Sumijan, "Teknologi Blockchain dalam Keamanan Sertifikat Menggunakan Smart Contracts dan Distributed Ledger pada Platfrom Edutech," *KESATRIA J. Penerapan Sist. Inf. (Komputer Manajemen)*, vol. 5, no. 2, pp. 587–594, 2024.

[5] Ethereum, "Ethereum Average Gass Price Chart." Accessed: Jul. 11, 2025. [Online]. Available: https://etherscan.io/chart/gasprice

[6] "Polygon Average Gass Price," 2025, [Online]. Available: https://polygonscan.com/chart/gasprice

[7] H. Khandelwal, K. Mittal, S. Agrawal, and H. Jain, "Certificate verification system using blockchain," *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 643, no. January, pp. 251–257, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-3125-5_27.

[8] H. Wijayanto, "Aplikasi Verifikasi Sertifikat Berbasis Website Menggunakan Blockchain," *J. Sains Dan Komput.*, vol. 8, no. 02, pp. 35–42, 2024, doi: 10.61179/jurnalinfact.v8i02.586.

[9] W. Swastika, H. Wirasantosa, and O. H. Kelana, "Rancang Bangun Website Akademik dengan Penyimpanan Sertifikat Digital Menggunakan Teknologi Blockchain," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, p. 33, 2022, doi: 10.25126/jtiik.2021863645.

[10] G. Widjaja, "Memahami Makna Sertifikat Kompetensi Dan Sertifikat Profesi Menurut Peraturan Perundang-Undangan Yang Berlaku," *Cendikia Media J. Ilm. Pendidik.*, vol. 13, no. 2, pp. 217–231, 2022.

[11] A. Abubakar, "Dampak Sertifikasi Guru Terhadap Kualitas Pendidikan Pada Madrasah Aliyah Di Kota Kendari," *Al-Qalam*, vol. 21, no. 1, p. 117, 2016,

doi: 10.31969/alq.v21i1.204.

[12] L. Latiana, “Peran Sertifikasi Guru Dalam Meningkatkan Profesionalisme Pendidik,” *Edukasi*, vol. 1, no. 3, pp. 1–16, 2019, [Online]. Available: https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/edukasi/... · PDF file

[13] I. Cardova, I. Jauhari, and Muazzin, “Legal Strength of Land Certificate Issued By Agency National Land (Verdict Case Study Mahkamah Syar’Iah Decision Banda Aceh Number 223/Pdt.G/2018/Ms-Bna),” *J. IUS Kaji. Huk. dan Keadilan*, vol. 8, no. 2, pp. 256–266, 2020, doi: 10.29303/ius.v8i2.684.

[14] E. S. Negara, A. N. Hidayanto, R. Andryani, and R. Syaputra, “Survey of smart contract framework and its application,” *Inf.*, vol. 12, no. 7, pp. 1–10, 2021, doi: 10.3390/info12070257.

[15] R. Raymond, F. R. Nasution, A. Law, P. Salim, and C. Christovany, “Indonesian Journal of Education Analisis Pengaruh Blockchain Terhadap Keamanan dan,” vol. 2, no. 3, pp. 172–180, 2024.

[16] T. P. Utomo, “Implementasi Teknologi Blockchain Di Perpustakaan: Peluang, Tantangan Dan Hambatan,” *Bul. Perpust.*, vol. 4, no. 2, p. 28, 2021.

[17] P. A. Sunarya, “Penerapan Sertifikat pada Sistem Keamanan menggunakan Teknologi Blockchain,” *J. MENTARI Manajemen, Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 58–67, 2022, doi: 10.34306/mentari.v1i1.139.

[18] Y. Hu and S. Peng, “A Decentralized Voting System on the Polygon Blockchain,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 247, no. C, pp. 1304–1313, 2023, doi: 10.1016/j.procs.2024.10.156.

[19] P. Studi, I. Komputer, and U. P. Indonesia, “Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon pada Layer-2 Ethereum Blockchain Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon pada Layer-2 Ethereum Blockcha,” 2024.

[20] Y. Thomas, N. Fotiou, I. Pittaras, G. Xylomenos, S. Voulgaris, and G. C. Polyzos, “Peer Clustering for the InterPlanetary File System,” *FIRA 2023 - Proc. 2023 2nd ACM SIGCOMM Work. Futur. Internet Routing Addressing*, pp. 8–14, 2023, doi: 10.1145/3607504.3609289.

[21] T. Supartini and M. A. Nugroho, “Tinjauan Yuridis Kekuatan Hukum

Sertifikat Tanah Elektronik Berdasarkan Peraturan Menteri Agraria Dan Tata Ruang / Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 1 Tahun 2021," *Iblam Law Rev.*, vol. 5, no. 1, pp. 56–62, 2025, doi: 10.52249/ilr.v5i1.557.

[22] M. Maramis and R. Taroreh, "Kajian Hukum Tindak Pidana Pemalsuan Sertifikat Hak Milih Tanah," *J. Lex Crim.*, vol. X, no. 6, pp. 83–92, 2021, [Online]. Available: https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/lexcrimen/article/view/34375

[23] G. Sangeetha, M. Bharath, G. Padaki, N. B. N, and N. M. Jaffar, "Detection of Fake Certificate Using Blockchain and Issuer Validation System," vol. 12, no. 5, pp. 1118–1129, 2025, doi: 10.17148/IARJSET.2025.125191.

[24] E. W. Fridayanthie, H. Haryanto, and T. Tsabitah, "Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Informasi Penggajian Karyawan (Persis Gawan) Berbasis Web," *Paradig. - J. Komput. dan Inform.*, vol. 23, no. 2, Sep. 2021, doi: 10.31294/p.v23i2.10998.

[25] K. Kurniati, "Penerapan Metode Prototype Pada Perancangan Sistem Pengarsipan Dokumen Kantor Kecamatan Lais," *J. Softw. Eng. Ampera*, vol. 2, no. 1, pp. 16–27, 2021, doi: 10.51519/journalsea.v2i1.89.

[26] M. Usman, I. Hermadi, and Y. Arkeman, "Design of Broiler Supply Chain Traceability System through Blockchain-based Android Application," *Systematics*, vol. 3, no. 3, pp. 295–308, 2021.