

***Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah
Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon
pada Layer-2 Ethereum Blockchain***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari
Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Program Studi Ilmu Komputer



Oleh:

Fawwaz Kautsar

NIM. 1907912

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

***Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah
Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon
pada Layer-2 Ethereum Blockchain***

Oleh:

Fawwaz Kautsar

NIM. 1907912

Sebuah Skripsi yang Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer di Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

© Fawwaz Kautsar 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Januari 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

Fawwaz Kautsar, 2024

**QUALITY OF SERVICE SISTEM PENCATATAN IJAZAH MENGGUNAKAN SMART CONTRACT DAN
NFT JARINGAN POLYGON PADA LAYER-2 ETHEREUM BLOCKCHAIN**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

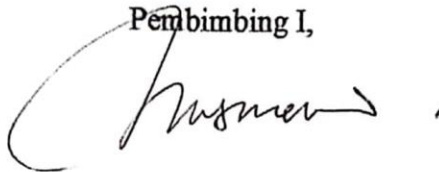
Fawwaz Kautsar

1907912

***Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah
Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon
pada Layer-2 Ethereum Blockchain***

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I,



Dr. Muhamad Nursalman, M.T.

NIP. 197909292006041002

Pembimbing II,

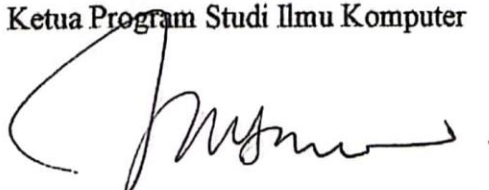


Rizky Raehman Judhie Putra, M.Kom

NIP. 197711252006041002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Komputer



Dr. Muhamad Nursalman, M.T.

NIP. 197909292006041002

PERNYATAAN

Dengan ini, penulis menyatakan bahwa skripsi dengan judul “*Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon pada Layer-2 Ethereum Blockchain*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya penulis sendiri. Penulis tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, penulis siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya penulis ini.

Bandung, Januari 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Fawwaz Kautsar

NIM. 1907912

***Quality of Service Sistem Pencatatan Ijazah
Menggunakan Smart Contract dan NFT Jaringan Polygon
pada Layer-2 Ethereum Blockchain***

Oleh:

Fawwaz Kautsar — fawwazkautsar1907912@upi.edu

1907912

ABSTRAK

Ijazah merupakan sebuah dokumen yang diberikan kepada seseorang yang telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal, umumnya digunakan untuk mendapatkan pekerjaan serta sebagai identitas di mata masyarakat. Banyak orang yang menganggap ijazah merupakan hal yang bermakna atau esensial, sehingga sering terjadi pemalsuan ijazah yang melanggar Hak Atas Kekayaan Intelektual (HAKI) seseorang. Di Indonesia saat ini telah terdapat sistem Penomoran Ijazah Nasional (PIN) dan Sistem Verifikasi Ijazah Online (SIVIL), namun penyimpanan *database* ijazah tersebut masih bersifat terpusat yang masih memungkinkan peretasan ilegal. Tujuan penelitian ini mengatasi masalah pemalsuan dan pelacakan ijazah dengan memanfaatkan teknologi *Blockchain*, setiap Ijazah NFT yang dicetak berperan sebagai aset digital yang merepresentasikan kepemilikan dan kredensial akademis, serta dapat dilacak tanpa perlu menghadapi hambatan birokrasi tradisional. Selain itu bertujuan untuk mengetahui evaluasi kinerja penyimpanan *Blockchain* jaringan *Polygon*, membandingkannya dengan *Ethereum layer-1*. Uji *smart contract cost* menunjukkan biaya transaksi *Polygon* hanya 2,26% dari *Ethereum*. Pengujian *Quality of Service* menghasilkan *throughput* 48,6-49,6 Kbps, *packet loss* 0%, dan *latency* 42,07-44,13 m/s. Hasilnya menunjukkan potensi efisiensi biaya dan kinerja lebih baik pada jaringan *Polygon* dibanding *Ethereum*.

Kata Kunci: *Blockchain, Decentralized, Ijazah, NFT, Polygon Network, Smart Contract.*

Fawwaz Kautsar, 2024

QUALITY OF SERVICE SISTEM PENCATATAN IJAZAH MENGGUNAKAN SMART CONTRACT DAN
NFT JARINGAN POLYGON PADA LAYER-2 ETHEREUM BLOCKCHAIN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

***Quality of Service Diploma Recording System
Using Smart Contracts and NFT Polygon Network
on Layer-2 Ethereum Blockchain***

Arranged by:

Fawwaz Kautsar — fawwazkautsar1907912@upi.edu

1907912

ABSTRACT

A diploma is a document given to someone who has completed formal education, generally used to get a job and as an identity in the eyes of society. Many people consider a diploma to be meaningful or essential, so that diplomas are often faked which violate a person's Intellectual Property Rights (IPR). In Indonesia, there is currently a National Diploma Numbering (PIN) system and an Online Diploma Verification System (SIVIL), however the storage of the diploma database is still centralized which still allows illegal hacking. The aim of this research is to overcome the problem of diploma forgery and tracking by utilizing Blockchain technology, each printed NFT diploma acts as a digital asset that represents ownership and academic credentials, and can be tracked without the need to face traditional bureaucratic obstacles. Apart from that, it aims to evaluate the storage performance of the Polygon network Blockchain, comparing it with Ethereum layer-1. Smart contract cost tests show Polygon transaction fees are only 2.26% of Ethereum. Quality of Service testing resulted in throughput of 48.6-49.6 Kbps, packet loss of 0%, and latency of 42.07-44.13 m/s. The results show the potential for better cost efficiency and performance on the Polygon network compared to Ethereum.

Keywords: *Blockchain, Decentralized, Diploma, NFT, Polygon Network, Smart Contract.*

Fawwaz Kautsar, 2024

QUALITY OF SERVICE SISTEM PENCATATAN IJAZAH MENGGUNAKAN SMART CONTRACT DAN
NFT JARINGAN POLYGON PADA LAYER-2 ETHEREUM BLOCKCHAIN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan kehendak, berkat, serta karunia-Nya penulisan skripsi yang berjudul “*Quality of Service* Sistem Pencatatan Ijazah Menggunakan *Smart Contract* dan NFT Jaringan *Polygon* pada *Layer-2 Ethereum Blockchain*” ini dapat diselesaikan.

Penulisan skripsi ini ditujukan untuk memenuhi dan melengkapi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana komputer atas jenjang studi S1 pada Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan yang perlu disempurnakan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik yang membangun agar tidak terjadi kesalahan yang sama dikemudian hari dan dapat meningkatkan kualitas menjadi lebih baik.

Bandung, Januari 2024

Penulis,



Fawwaz Kautsar

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Rabbil'Aalamiin, puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam proses menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, peneliti mengucapkan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua, papah Endang Suryana, S.Kom dan mamah Nanin Heryani, S.Sos, serta kakak Vita Karima, S.Tr.M. yang tanpa henti-hentinya memberikan doa dan dukungan, baik itu dukungan moral, materiil, maupun spritual sehingga dapat memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Rani Megasari, M.T. selaku dosen pembimbing akademik serta Ketua Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia Periode 2019-2023, yang telah memberikan dukungan dan arahan pada penulis selama masa perkuliahan.
3. Bapak Dr. Muhamad Nursalman, M.T. selaku pembimbing I serta Ketua Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia atas segala waktu yang dicurahkan untuk membimbing penulis demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Rizky Rachman Judhie Putra, M.Kom selaku pembimbing II serta Koordinator Skripsi Program Studi Ilmu Komputer yang telah memberikan saran kepada penulis selama proses penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Pendidikan Ilmu Komputer yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan inspirasi kepada penulis selama masa perkuliahan, khususnya kepada ibu Rosa Ariani Sukamto, M.T., pak Herbert Siregar, M.T., pak Dr. Lala Septem Riza, M.T., pak Dr. Rasim, M.T., pak Yaya Wihardi, M.Kom, dan pak Dr. Asep Wahyudin, M.T.
6. Para rekan dan sahabat kelas C 2019 Program Studi Ilmu Komputer, khususnya kepada Amar Musaddad, Basuki Rahmat Firmansyah, Bimantoro

Aulia Rizky, Dikdik Darmawan, Erlangga, dan Fachry Husaini yang telah memberikan dukungan kepada penulis.

7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan arti dan dukungan kepada penulis.

Semoga seluruh amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Bandung, Januari 2024



Fawwaz Kautsar

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Penelitian Terkait.....	10
2.2 Ijazah	11
2.3 <i>Peer-to-Peer (P2P) Network</i>	11
2.4 <i>Cryptography</i>	12
2.5 <i>Blockchain</i>	13
2.6 <i>Block Explorer</i>	15
2.7 <i>Ethereum</i>	16
2.8 <i>Ethereum Virtual Machine (EVM)</i>	17
2.9 <i>Layer-2 Solution for Ethereum Blockchain Scalability</i>	19
2.10 <i>Polygon Sidechain</i>	20
2.11 <i>Cryptocurrency / Crypto Asset</i>	24
2.12 <i>Gas Fee</i>	26
2.13 <i>Smart Contract</i>	28
2.14 <i>Decentralized Application (DApp)</i>	31

2.15	<i>InterPlanetary File System (IPFS)</i>	32
2.16	<i>Node as a Service (NaaS): Infura</i>	34
2.17	<i>Node as a Service (NaaS): Alchemy</i>	35
2.18	<i>Non-Fungible Token (NFT)</i>	36
2.19	MetaMask	38
2.20	Ganache IDE.....	39
2.21	Truffle Suite.....	40
2.22	ReactJS	40
2.23	NodeJS	42
2.24	Web3.js	42
2.25	<i>Quality of Service (QoS)</i>	43
BAB III METODE PENELITIAN		46
3.1	Desain Penelitian	46
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	49
3.2.1	Alat Penelitian	49
3.2.2	Bahan Penelitian	49
3.3	Desain Sistem	50
3.3.1	Alur Kerja Sistem	50
3.3.2	Arsitektur yang Digunakan.....	51
3.4	Diagram Alir.....	51
3.5	Teknik Pengujian Sistem	54
3.5.1	<i>Smart Contract Cost</i>	54
3.5.2	<i>Quality of Service (QoS)</i>	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		57
4.1	Desain Arsitektur	57
4.2	Implementasi Pembangunan DApp	59
4.2.1	Analisis Kebutuhan.....	59
4.2.2	Desain Perancangan Sistem.....	60
4.2.3	Pengembangan Kode Program	66
4.2.4	Pengujian Fungsionalitas dan <i>Smart Contract</i>	75
4.2.5	<i>Deployment</i>	81
4.3	Hasil Tampilan Antarmuka DApp.....	84

4.3.1	Halaman <i>Home</i>	85
4.3.2	Halaman <i>Data</i>	85
4.3.3	Halaman <i>NFT</i>	86
4.3.4	Halaman <i>Track</i>	87
4.3.5	Halaman <i>About</i>	87
4.4	Implementasi Simulasi Pencatatan dan Pelacakan Ijazah NFT	88
4.4.1	Simulasi <i>Publish Data</i> Menggunakan <i>Desktop Web Browser</i>	88
4.4.2	Simulasi <i>Mint NFT</i> Menggunakan <i>Desktop Web Browser</i>	96
4.4.3	Simulasi Menggunakan <i>Mobile Application</i>	103
4.5	<i>Smart Contract Cost</i>	105
4.5.1	<i>Publish Data</i> pada Web DApp berbasis <i>Polygon</i>	105
4.5.2	<i>Mint NFT</i> pada Web DApp berbasis <i>Polygon</i>	106
4.5.3	Analisis Pengujian <i>Smart Contract Cost</i>	106
4.6	<i>Quality of Service (QoS)</i>	108
4.6.1	<i>Publish Data</i> pada Web DApp berbasis <i>Polygon</i>	109
4.6.2	<i>Mint NFT</i> pada Web DApp berbasis <i>Polygon</i>	109
4.6.3	Analisis Pengujian <i>Quality of Service</i>	109
4.7	Pembahasan	113
BAB V PENUTUP		117
5.1.	Kesimpulan	117
5.2.	Saran	118
DAFTAR PUSTAKA		119
LAMPIRAN		127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode <i>Smart Contract</i> Sistem Pencatatan Ijazah.....	127
Lampiran 2. Kode <i>Smart Contract</i> untuk NFT	129
Lampiran 3. Hasil Pengujian <i>Smart Contract Cost: Publish Data</i>	132
Lampiran 4. Hasil Pengujian <i>Smart Contract Cost: Mint NFT</i>	134
Lampiran 5. Hasil Pengujian <i>Quality of Service: Publish Data</i>	136
Lampiran 6. Hasil Pengujian <i>Quality of Service: Mint NFT</i>	138
Lampiran 7. <i>Smart Contract Cost</i> Jaringan <i>Ethereum</i>	140
Lampiran 8. <i>Quality of Service</i> Jaringan <i>Ethereum</i>	144

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode <i>Smart Contract</i> dengan Biaya <i>Gas</i> di 3 Alternatif EVM.....	23
Tabel 2.2 Metrik Standar untuk Denominasi Ether (De Silva, 2021).....	27
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Smart Contract</i>	30
Tabel 2.4 Karakteristik Utama dari Setiap Generasi Web	32
Tabel 2.5 Karakteristik <i>Throughput</i>	44
Tabel 2.6 Karakteristik <i>Packet Loss</i>	44
Tabel 2.7 Karakteristik <i>Delay (Latency)</i>	44
Tabel 4.1 Daftar Dependensi NPM yang Digunakan.....	59
Tabel 4.2 Definisi <i>Use Case</i>	62
Tabel 4.3 Informasi <i>Smart Contract</i> yang Menggunakan <i>Private Test Network</i> ...71	
Tabel 4.4 Informasi <i>Smart Contract</i> yang Menggunakan <i>Public Test Network</i>78	
Tabel 4.5 Pengujian DApp menggunakan Metode <i>Black-box</i>	79
Tabel 4.6 Informasi <i>Smart Contract</i> yang Menggunakan <i>Public Main Network</i> ..83	
Tabel 4.7 Nilai untuk Pengisian Data Ijazah.....	93
Tabel 4.8 Biaya Rata-rata <i>Smart Contract Cost Polygon</i> dan <i>Ethereum</i>	113
Tabel 4.9 Perbandingan Performansi QoS antara <i>Polygon</i> dengan <i>Ethereum</i>	114
Tabel 4.10 <i>Platform</i> yang Memprioritaskan <i>Packet Loss</i> Rendah.....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Literatur	9
Gambar 2.2 Ilustrasi Struktur <i>Blockchain</i>	13
Gambar 2.3 <i>Blockchain</i> Publik, Pribadi, dan Konsorsium	14
Gambar 2.4 Perbandingan Solusi Lapisan 1 dan 2 untuk Jaringan <i>Ethereum</i>	20
Gambar 2.5 Perbandingan Biaya <i>Gas</i> antara <i>Ethereum</i> dengan <i>Polygon</i>	23
Gambar 2.6 Perbandingan Latensi antara <i>Ethereum</i> dengan <i>Polygon</i>	24
Gambar 2.7 Jaringan Terpusat, Desentral, dan Terdistribusi	31
Gambar 2.8 Kombinasi IPFS dengan <i>Blockchain</i>	34
Gambar 2.9 <i>Hierarchical Deterministic (HD) MetaMask Wallet</i>	39
Gambar 3.1 Desain Penelitian	46
Gambar 3.2 Alur Penerbitan Ijazah ke jaringan <i>Polygon</i>	50
Gambar 3.3 Arsitektur <i>Polygon Sidechain</i> (Brennan, 2022)	51
Gambar 3.4 <i>FlowChart</i> Penerbitan Ijazah	52
Gambar 3.5 <i>FlowChart</i> Pencetakan Data Ijazah menjadi NFT	53
Gambar 3.6 Metode <i>Smart Contract</i>	54
Gambar 4.1 Desain Arsitektur	57
Gambar 4.2 <i>Use Case Diagram</i> : Aktor	61
Gambar 4.3 <i>Use Case Diagram</i> : Sistem	61
Gambar 4.4 <i>Class Diagram</i> : DApp	62
Gambar 4.5 <i>Class Diagram</i> : UniversityDiplomaRecords	63
Gambar 4.6 <i>Class Diagram</i> : UDR_NFT	64
Gambar 4.7 <i>Class Diagram</i> : Component	64
Gambar 4.8 <i>Sequence Diagram</i>	65
Gambar 4.9 Konfigurasi Truffle Suite	67
Gambar 4.10 Penyedia Layanan Alchemy	68
Gambar 4.11 Kode Program Solidity (1)	69
Gambar 4.12 Kode Program Solidity (2)	69
Gambar 4.13 Pengembangan <i>Smart Contract</i> pada <i>Private Test Network</i> menggunakan Ganache IDE	70
Gambar 4.14 Integrasi IPFS menggunakan Penyedia Layanan Infura	73

Fawwaz Kautsar, 2024

QUALITY OF SERVICE SISTEM PENCATATAN IJAZAH MENGGUNAKAN SMART CONTRACT DAN
NFT JARINGAN POLYGON PADA LAYER-2 ETHEREUM BLOCKCHAIN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 4.15 Pengujian Kode Program Solidity.....	76
Gambar 4.16 Penerapan <i>Smart Contract</i> ke Polygon <i>Public Test Network</i> (1).....	77
Gambar 4.17 Penerapan <i>Smart Contract</i> ke Polygon <i>Public Test Network</i> (2).....	77
Gambar 4.18 Penerapan <i>Smart Contract</i> ke Polygon <i>Public Main Network</i> (1) ...	82
Gambar 4.19 Penerapan <i>Smart Contract</i> ke Polygon <i>Public Main Network</i> (2) ...	82
Gambar 4.20 Kompilasi (<i>Build</i>) Projek DApp.....	84
Gambar 4.21 Halaman <i>Home</i>	85
Gambar 4.22 Halaman <i>Data</i>	86
Gambar 4.23 Halaman <i>NFT</i>	86
Gambar 4.24 Halaman <i>Track</i>	87
Gambar 4.25 Halaman <i>About</i>	88
Gambar 4.26 Tampilan Awal DApp Berbasis <i>Desktop Web Browser</i>	89
Gambar 4.27 Mengkoneksikan MetaMask dengan DApp.....	90
Gambar 4.28 Mengaktifkan <i>Polygon Mainnet</i> (Jaringan Utama).....	91
Gambar 4.29 Pengisian Data Ijazah	92
Gambar 4.30 <i>Pop-up</i> Konfirmasi Pembayaran <i>Publish Data</i>	94
Gambar 4.31 <i>Pop-up</i> Notifikasi Konfirmasi Transaksi	94
Gambar 4.32 Data Ijazah yang Berhasil Divalidasi	95
Gambar 4.33 Melacak Riwayat Transaksi dan Data Ijazah	95
Gambar 4.34 Melacak Detail Riwayat Transaksi dan Data Ijazah	96
Gambar 4.35 Metadata NFT yang Berhasil Dicitak	98
Gambar 4.36 Ijazah NFT yang Berhasil Divalidasi	98
Gambar 4.37 Melacak Detail Riwayat Transaksi <i>Mint Ijazah NFT</i>	99
Gambar 4.38 Melacak Detail Ijazah NFT melalui Polygonscan.....	99
Gambar 4.39 Melacak <i>Ownership Ijazah NFT</i> melalui Polygonscan.....	100
Gambar 4.40 Mengimpor Ijazah NFT melalui Ekstensi Domet MetaMask	101
Gambar 4.41 Detail Hasil Pengimporan Ijazah NFT	102
Gambar 4.42 Melihat Ijazah NFT melalui <i>Marketplace OpenSea</i>	102
Gambar 4.43 Tampilan Awal Aplikasi MetaMask	103
Gambar 4.44 Tampilan <i>Web Browser</i> pada Aplikasi MetaMask.....	104
Gambar 4.45 Tampilan Awal DApp Berbasis <i>Mobile App Web Browser</i>	104
Gambar 4.46 Mengimpor Ijazah NFT melalui Aplikasi Domet MetaMask	105

Gambar 4.47 Grafik Biaya Transaksi dalam <i>Cryptocurrency</i>	107
Gambar 4.48 Grafik Biaya Transaksi dalam Konversi Rupiah.....	108
Gambar 4.49 Grafik <i>Throughput</i> Web DApp	110
Gambar 4.50 Grafik <i>Packet Loss</i> Web DApp.....	111
Gambar 4.51 Grafik <i>Latency</i> Web DApp	112

DAFTAR PUSTAKA

- A. Alghosaibi, A., Albahli, S., F. Khasawneh, S., & Melton, A. (2017). Web Evolution - The Shift from Information Publishing to Reasoning. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 8(6), 11–28. <https://doi.org/10.5121/ijaia.2017.8602>
- Amin, M. M. (2017). Implementasi Kriptografi Klasik Pada Komunikasi Berbasis Teks. *Pseudocode*, 3(2), 129–136. <https://doi.org/10.33369/pseudocode.3.2.129-136>
- Ante, L. (2020). Smart Contracts on the Blockchain – A Bibliometric Analysis and Review. *SSRN Electronic Journal*, 10, 1–48. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3576393>
- Aziz, A. M., Budiyo, A., & Widjajarto, A. (2019). Analisis Dan Implementasi Komunikasi Antar Node Ipfs (interplanetary File System) Pada Smart Contract Ethereum. *EProceedings of Engineering*, 6(2).
- Bashir, I. (2018). Mastering Blockchain Second Edition. In *Birmingham: Packt Publishing*. Packt Publishing. www.packtpub.com
- Besancon, L., Da Silva, C. F., Ghodous, P., & Gelas, J. P. (2022). A Blockchain Ontology for DApps Development. *IEEE Access*, 10, 49905–49933. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3173313>
- Bholane, K. P. (2021). Pros and cons of cryptocurrency: A brief overview. *National Journal of Research in Marketing, Finance & HRM*, 6(3), 71–78.
- Bhosale, K., Akbarabbas, K., Deepak, J., & Sankhe, A. (2019). Blockchain based Secure Data Storage. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5058, 5058–5061. www.irjet.net
- Bhujel, S., & Rahulamathavan, Y. (2022). A Survey: Security, Transparency, and Scalability Issues of NFT's and Its Marketplaces. *Sensors*, 22(22). <https://doi.org/10.3390/s22228833>

Fawwaz Kautsar, 2024

QUALITY OF SERVICE SISTEM PENCATATAN IJAZAH MENGGUNAKAN SMART CONTRACT DAN NFT JARINGAN POLYGON PADA LAYER-2 ETHEREUM BLOCKCHAIN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

- Binance Smart Chain. (2021). Whitepaper on Binance Smart Chain: A Parallel BinanceChain to Enable Smart Contracts. *Whitepaper Binance Smart Chain: A Parallel Binance Chain to Enable Smart Contracts*, 1–15. https://dex-bin.bnbstatic.com/static/Whitepaper_Binance Smart Chain.pdf
- Brennan, R. (2022). *Music Copyright Management using Smart Contracts and Tokenization on the Ethereum Blockchain*. August.
- Chavan, A. B., & Rajeswari, K. (2019). The design and development of decentralized digilocker using blockchain. *International Journal of Computer Science Engineering and Information Technology Research (IJCEITR)*, 9, 29–36.
- Dannen, C. (2017). Wprowadzenie do ethereum i solidity: podstawy programowania kryptowalut i blockchain dla początkujących. In *Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners*.
- De Silva, K. C. L. (2021). *De-Centralized Secure Transparent Systems to Manage Financial Transactions*.
- Dhika, H., & Tyas, S. A. (2021). Quality of Services (Qos) Untuk Meningkatkan Skema Dalam Jaringan Optik. *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 5(2). <https://doi.org/10.37438/jimp.v5i2.268>
- Do, T. (2023). SoK on Blockchain Evolution and a Taxonomy for Public Blockchain Generations. *SSRN Electronic Journal*, 1–16. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4377849>
- Fajar, M. H. (2020). Quality of service ethereum blockchain berbasis IPFS untuk validasi ijazah sekolah. *UIN Sunan Ampel Surabaya*.
- Furqoni, I. Y. (2017). *PEMALSUAN IJAZAH DI KALANGAN BURUH PABRIK (Studi Kualitatif Mengenai Tindakan Sosial dan Stigmatisasi Pelaku Pemalsuan Ijazah Di Kabupaten Bekasi)* [Universitas Airlangga]. <https://repository.unair.ac.id/68229/%0Ahttps://repository.unair.ac.id/68229/3/Fis.S.40.17.Fur.p-JURNAL.pdf>

Fawwaz Kautsar, 2024

QUALITY OF SERVICE SISTEM PENCATATAN IJAZAH MENGGUNAKAN SMART CONTRACT DAN NFT JARINGAN POLYGON PADA LAYER-2 ETHEREUM BLOCKCHAIN

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

G. Iredale. (2021). Blockchain Vs Database: Understanding the Difference. <https://101blockchains.com/blockchain-vs-database-the-difference/>.

Gia, K. H., Huong, L. H., Vo, H. K., Trong, P. N., Dang, K. T., Van, H. Le, Phu, L. V. C., Quoc, D. N. T., Tran, N. H., The, A. N., Nghia, H. T., Khanh, B. Le, Tuan, K. Le, & Ngan, N. T. K. (2023). Delivery Management System based on Blockchain, Smart Contracts and NFT: A Case Study in Vietnam. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 14(1), 930–938. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.01401100>

Gupta, M., Judge, P., & Ammar, M. (2003). A reputation system for peer-to-peer networks. *Proceedings of the International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, 144–152. <https://doi.org/10.1145/776345.776346>

Hon, H., Wang, K., Bolger, M., Zhou, J., Wu, W., & Lee, E. (2021). Research and Insights. *Crypto.Com*, 1–19. <https://www.visitscotland.org/research-insights>

Hsiao, J. I.-H. (2017). “ Smart” Contract on the Blockchain-Paradigm Shift for Contract Law? *US-China L. Rev.*, 14, 685.

Idriz, M., & Nurhamidah, I. (2019). Tradisi Penganugerahan Ijazah Dalam Sistem Pendidikan Islam: Kajian Selayang Pandang. *TA'DIBUNA: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.30659/jpai.2.1.19-32>

Incorp, M. P. (2021). *Determinants of Cryptocurrency Market : An Analysis for Bitcoin , Ethereum and Ripple Determinants of Cryptocurrency Market : An Analysis for Bitcoin , Ethereum and Ripple Isik University. May.* <https://doi.org/10.30845/ijbss.v11n11p5>

Irma, D., Maemunah, S., Zuhri, S., & Juhandi, N. (2021). The future of cryptocurrency legality in Indonesia. *Journal of Economics and Business Letters*, 1(1), 20–23. <https://doi.org/10.55942/jeb1.v1i1.87>

J. C. Wira. (2020). IMPLEMENTASI BLOCKCHAIN LISK DALAM PEMBUATAN DAN PENGELOLAAN IJAZAH ELEKTRONIK DI UMN. Universitas Multimedia Nusantara.

- Jha, N., Prashar, D., Khalaf, O. I., Alotaibi, Y., Alsufyani, A., & Alghamdi, S. (2021). Blockchain based crop insurance: a decentralized insurance system for modernization of indian farmers. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(16), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13168921>
- Johnson, M., Jones, M., Shervey, M., Dudley, J. T., & Zimmerman, N. (2019). Building a secure biomedical data sharing decentralized app: Tutorial. *Journal of Medical Internet Research*, *21*(10). <https://doi.org/10.2196/13601>
- Karinda, A. M. (2016). Kajian Yuridis Tentang Pemalsuan Ijazah Menurut Pasal 263 dan 264 KUHP. *Lex Crimen*, *5*(6).
- KBBI. (2016). KBBI Daring. Kemendikbud. <https://kbbi.kemdikbud.go.id>
- Kravenkit, S., & So-In, C. (2022). Blockchain-Based Traceability System for Product Recall. *IEEE Access*, *10*(August), 95132–95150. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204750>
- Krishnan, R., Smith, M. D., & Telang, R. (2003). The economics of peer-to-peer networks. *Available at SSRN 504062*.
- Kumar, A., & Singh, R. K. (2016). Comparative analysis of angularjs and reactjs. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, *7*(4), 225–227. <https://doi.org/10.21172/1.74.030>
- Lei, K., Ma, Y., & Tan, Z. (2015). Performance comparison and evaluation of web development technologies in PHP, Python and Node.js. *Proceedings - 17th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering, CSE 2014, Jointly with 13th IEEE International Conference on Ubiquitous Computing and Communications, IUCC 2014, 13th International Symposium on Pervasive Systems, , December 2014*, 661–668. <https://doi.org/10.1109/CSE.2014.142>
- LLDIKTI. (2020). PIN SIVIL DISOSIALISASIKAN. <https://lldikti12.ristekdikti.go.id/2020/10/19/pin-sivil-disosialisasikan.html>.
- Madine, M. M., Salah, K., Jayaraman, R., Yaqoob, I., Al-Hammadi, Y., Ellahham,

- S., & Calyam, P. (2020). Fully Decentralized Multi-Party Consent Management for Secure Sharing of Patient Health Records. *IEEE Access*, 8, 225777–225791. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045048>
- Milutinović, M. (2018). Cryptocurrency. *Ekonomika*, 64(1), 105–122. <https://doi.org/10.5937/ekonomika1801105m>
- Min, A. (2021). The Ultimate Guide to Bitcoin Wallets, Seeds, Private Keys, Public Keys, and Addresses. Bitcoin Briefl. Diakses pada 13 Mei 2023 dari laman <https://bitcoinbriefly.com/ultimate-guide-to-bitcoin-wallets-seeds-privatekeys-public-keys-and-addresses/>.
- Muis, M. D., Sukarno, P., & Wardana, A. A. (2021). Analisis Dan Implementasi Sistem Pendeteksi Ijazah Dan Transkrip Palsu Dengan Menggunakan Ipfs Dan Smart Contract Blockchain. *EProceedings of Engineering*, 8(5).
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*.
- Park, S., Lee, J., & Kim, H. (2023). Efficient computation offloading for ethereum DApps. *Journal of Industrial Information Integration*, 31(February 2022), 100411. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100411>
- Patrou, M., Kent, K. B., Siu, J., & Dawson, M. (2021). Energy and Runtime Performance Optimization of Node.js Web Requests. *Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Cloud Engineering, IC2E 2021, October*, 71–82. <https://doi.org/10.1109/IC2E52221.2021.00021>
- Polygon. (2021). Ethereum's Internet of Blockchains. Polygon Lightpaper.
- Rai, B. kumar, Fatima, S., & Satyarth, K. (2022). Patient-Centric Multichain Healthcare Record. *International Journal of E-Health and Medical Communications*, 13(4), 1–14. <https://doi.org/10.4018/IJEHMC.309439>
- Ramamurthy, B. (2020). *Blockchain in action*. Manning Publications.
- Rawat, P., & Mahajan, A. N. (2020). ReactJS: A Modern Web Development Framework. *International Journal of Innovative Science and Research*

Technology, 5(11), 698–702. www.ijisrt.com

Raymaekers, W. (2015). Cryptocurrency Bitcoin: Disruption, challenges and opportunities. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 9(1), 30–46.

Ridho, M. M. (2016). *IMPLEMENTASI ALGORITMA ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES) DAN HASH UNTUK IDENTIFIKASI KEASLIAN IJAZAH*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Schafer, B., Schafer, B., Collomosse, J., Parry, G., & Elsdén, C. (n.d.). *DeCaDE Contribution for DCMS Call for Evidence on NFTs*. DeCaDE Contribution for DCMS Call for Evidence on NFTs.

Schollmeier, R. (2001). A definition of peer-to-peer networking for the classification of peer-to-peer architectures and applications. *Proceedings - 1st International Conference on Peer-to-Peer Computing, P2P 2001, September*, 101–102. <https://doi.org/10.1109/P2P.2001.990434>

Sguanci, C., Spatafora, R., & Vergani, A. M. (2021). *Layer 2 Blockchain Scaling: a Survey*. <http://arxiv.org/abs/2107.10881>

Shawon, M. S. K., Ahammad, H., Shetu, S. Z., Rahman, M. M., & Hossain, S. A. (2021). Diucerts DAPP: A Blockchain-based Solution for Verification of Educational Certificates. *2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2021, July*. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT51525.2021.9579533>

Singh, J., & Michels, J. D. (2018). Blockchain as a Service (BaaS): Providers and Trust. *Proceedings - 3rd IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops, EURO S and PW 2018*, 67–74. <https://doi.org/10.1109/EuroSPW.2018.00015>

Sugiyono, D. (2013). *Metode penelitian pendidikan pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R&D*.

Sukrutha L. T., V., Mohanty, S. P., Kougianos, E., & Ray, C. (2021). G-DaM: A Blockchain based Distributed Robust Framework for Ground Water Data

Management. *Proceedings - 2021 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems, ISES 2021*, 261–266. <https://doi.org/10.1109/iSES52644.2021.00066>

Sun, X., Lu, Y., Sun, J., Tang, B., Rehak, K. D., & Zhang, S. (2022). Matrix Syncer - A Multi-chain Data Aggregator for Supporting Blockchain-Based Metaverses. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 13497 LNCS, 282–293. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22061-6_21

Tapscott, A. (2021). *Digital Asset Revolution: The Rise of DeFi and the Reinvention of Financial Services*. December. www.blockchainresearchinstitute.org/contact-us,

Weyl, E. G., Ohlhaber, P., & Buterin, V. (2022). Decentralized Society: Finding Web3's Soul. *SSRN Electronic Journal*, May. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4105763>

Widi Widayat, I., & Köppen, M. (2022). Blockchain Simulation Environment on Multi-image Encryption for Smart Farming Application. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 312(July), 316–326. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84910-8_33

Wikipedia. (2022a). Blockchain. <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>.

Wikipedia. (2022b). Ethereum. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethereum>.

Wu, K. (2019). An empirical study of blockchain-based decentralized applications. *ArXiv Preprint ArXiv:1902.04969*.

Wulandari, R. (2016). ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI). *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 2(2), 162–172. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v2i2.454>

Yang, L., Jiang, R., Pu, X., Wang, C., Yang, Y., Wang, M., Zhang, L., & Tian, F. (2023). An access control model based on blockchain master-sidechain

collaboration. *Cluster Computing*, 0123456789.
<https://doi.org/10.1007/s10586-022-03964-x>

Yang, W., Garg, S., Raza, A., Herbert, D., & Kang, B. (2018). Blockchain: Trends and future. *Knowledge Management and Acquisition for Intelligent Systems: 15th Pacific Rim Knowledge Acquisition Workshop, PKAW 2018, Nanjing, China, August 28-29, 2018, Proceedings 15*, 201–210.

Zhang, X. (2022). The use of ethereum blockchain using internet of things technology in information and fund management of financial poverty alleviation system. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 13(s3), 1205–1215. <https://doi.org/10.1007/s13198-022-01644-y>