ANALISA TRANSAKSI PADA BLOCKCHAIN DENGAN METODE MACHINE LEARNING

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

OLEH:

MUHAMMAD DIMAS VADITHYA

09011382126137

JURUSAN SISTEM KOMPUTER

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TRANSAKSI PADA BLOCKCHAIN DENGAN METODE MACHINE LEARNING

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :
M. Dimas Vadithya
09011382126137

Palembang, 22/7/25
Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer	**Pembimbing I TA**
Dr.Ir.Sukemi, M.T.	**Huda Ubaya, M.T.**
NIP. 196612032006041001	**NIP. 198106162012121003**

ii

AUTHENTICATION PAGE

A Analysis of Transactions on Blockchain Using Machine Learning Methods

THESIS

Submitted To Complete One of The Requirements For Obtainin A Bachelor's Degree in Computer Science

By :

N. Dimas Vadithya

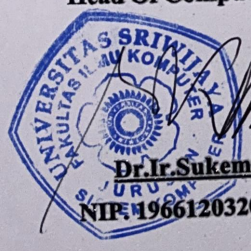
09011382126137

Palembang, 28/11/25

Acknowledge

Final Project Advisor

Head Of Computer System



Dr.Ir.Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

Huda Ubaya, M.T.

NIP. 198106162012121003

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 9 Januari 2025

Tim Penguji :

1. **Ketua : Aditya Putra Perdana Prasetyo, S.Kom., M.T**
2. **Penguji : Prof. Deris Stiawan,M.T., Ph.D**
3. **Pembimbing I : Huda Ubaya, M.T.**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer

Dr.Ir.Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

iv

LEMBAR PERNYAATAAN ORISINALITAS

Yang Bertanda Tangan Di Bawah Ini :

Nama	:	Muhammad Dimas Vadithya
NIM	:	09011382126137
Judul	:	ANALISA DATA TRANSAKSI PADA BLOCKCHAIN DENGAN METODE MACHINE LEARNING

Hasil Pengecekkam Software iThenticate/Turnitin : 10 %

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atauplagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Palembang, 20/1/2025

Penulis,

M. Dimas Vadithya

NIM.09011382126137

v

HALAMAN PERSEMBAHAN

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."
(Q.S Al-Insyirah : 6)

Skripsi ini saya persembahkan untuk:
Orang tua saya tercinta Bpk. Rudi Bahrudin dan Ibu Eva Yuliati Dewi, yang tidak pernah lelah dan letih mendidik saya hingga sampai saat ini, tiada hentinya juga dalam memberikan nasihat, semangat, dan arahan untuk menjadi orang sukses dan juga menjadi orang yang bermanfaat untuk banyak orang. Tak lupa juga untuk seluruh keluarga besar serta teman seperjuangan yang selalu memberikan dukungan dan semangat**.**

"kesempatan tidak datang dua kali, tapi kesempatan datang kepada mereka yang terus berusaha.″

-Muhammad Dimas Vadithya-

ANALISA TRANSAKSI PADA BLOCKCHAIN

DENGAN METODE *MACHINE LEARNING*

Muhammad Dimas Vadithya (09011382126137)

Jurusan Sistem Komputer,*Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya*

Email : dimasrudik9@gmail.com

ABSTRAK

Blockchain menawarkan keamanan yang tinggi, namun performa keberhasilan transaksi pada jaringan ini masih menjadi hal yang perlu dianalisis lebih lanjut karena keberhasilan transaksi di blockchain dipengaruhi oleh berbagai faktor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa transaksi pada blockchain menggunakan metode K-Means Clustering. Analisis difokuskan pada parameter Gas Limit dan Gas Consumed untuk memahami faktor-faktor yang berkontribusi pada keberhasilan dan kegagalan transaksi. Metode yang digunakan meliputi praproses data, penentuan jumlah klaster, penerapan algoritma K-Means, dan evaluasi performa menggunakan Silhouette Score. Visualisasi data melalui scatter plot dan boxplot digunakan untuk mengidentifikasi pola ketidakseimbangan dalam alokasi gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode K-Means berhasil mengelompokkan data transaksi ke dalam dua klaster: klaster pertama merepresentasikan transaksi dengan Gas Limit rendah yang memiliki potensi kegagalan lebih tinggi, sedangkan klaster kedua terdiri dari transaksi dengan Gas Limit lebih tinggi dan peluang keberhasilan yang lebih besar. Evaluasi menggunakan Silhouette Score menghasilkan nilai rata-rata 0,98, yang menunjukkan performa klasterisasi yang sangat baik dengan pemisahan antar klaster yang optimal. Penelitian ini memberikan gambaran yang jelas tentang performa transaksi blockchain dan mengidentifikasi penyebab kegagalan transaksi sebagai langkah awal untuk meningkatkan efisiensi sistem

.

Kata Kunci : *B*lockchain, K-Means Clustering, Evaluasi Performa, IOTA.

A ANALYSIS OF TRANSACTION ON BLOCKHAIN USING MACHINE LEARNING METHODS

Muhammad Dimas Vadithya (09011382126137)

Computer System, Faculty of Computer Science, Sriwijaya University

Email : dimasrudik9@gmail.com

ABSTRACT

Blockchain offers high security; however, the performance of transactions on this network remains a subject that requires further analysis. Transaction success in blockchain is influenced by various factors.*This study aims to analyze transaction performance on the blockchain using the K-Means Clustering method. The analysis focuses on the parameters of Gas Limit and Gas Consumed to understand the factors contributing to transaction success and failure. The methods used include data preprocessing, determining the number of clusters, implementing the K-Means algorithm, and evaluating performance using the Silhouette Score. Data visualization through scatter plots and boxplots helps identify patterns of imbalance in gas allocation. The results of the study show that the K-Means method successfully grouped transaction data into two clusters: the first cluster represents transactions with a low Gas Limit that have a higher potential for failure, while the second cluster consists of transactions with a higher Gas Limit and greater chances of success. The evaluation using the Silhouette Score yielded an average value of 0.98, indicating excellent clustering performance with optimal separation between clusters. This study provides a clear overview of blockchain transaction performance and identifies the causes of transaction failures as an initial step toward improving system efficiency*.

Kata Kunci : *B*lockchain, K-Means Clustering, Performance Evaluation, IOTA.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "**Analisa Transaksi Pada Blockchain Dengan Metode Machine Learning**". skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi Mata Kuliah skripsi pada jurusan Sistem Komputer, Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan skripsi, penulis banyak mendapat bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, baik moril maupun materil, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan ketulusan hati, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

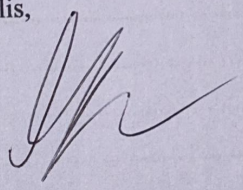
1. Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan berkah serta nikmat Kesehatan dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Proposal Skripsi.
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi dan semangat.
3. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si. Selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya dan Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi., M.T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Huda Ubaya, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
6. Seluruh Dosen Sistem Komputer yang selama ini telah melimpahkan ilmunya kepada penulis selama proses belajar mengajar dan membantu dalam memperlancar kegiatan akademik di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
7. Kepada Piya yang selalu memberi dukungan, semangat, tenaga, serta meluangkan waktu, maupun materi kepada penulis, dan menjadi bagian perjalanan penulis hingga penyusunan skripsi ini selesai.
8. Fadly, Bepe, Reza, Rara yang telah memberi semangat serta doa selama penyusunan skripsi ini.
9. Mbak Sari atas bantuan dan masukannya
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat serta do'a.

10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat serta do'a.
11. Almamater.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari. Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi banyak orang khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer secara langsung atau pun tidak langsung sebagai sumbangan pikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran.

Palembang, 20/11/2025

Penulis,



Muhammad Dimas Vadithya
NIM. 09011382126137

x

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... ***Error! Bookmark not defined.***
LEMBAR PERNYAATAAN ..... ***Error! Bookmark not defined.***
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **V**
ABSTRAK ..... **viii**
ABSTRACT ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 3
1.6 Metodologi Penelitian 3
1.6.1 Metode Studi Pustaka dan Literatur 4
1.6.2 Metode Konsultasi 4
1.6.3 Metode Pengujian Data 4
1.6.4 Metode Analisa 4
1.6.5 Metode Penarikan Kesimpulan dan Saran 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... ***Error! Bookmark not defined.***
2.1 Penelitian Terdahulu ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2 Blockchain ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2.1 Jenis- jenis blockchain ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3 Machine Learning ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3.1 Supervised learning ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3.2 Unsupervised Learning ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.4 K-Means Clustering ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 Algoritma K-Means ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.5 Elbow Method ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.6 Silhouette Coefficient ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.7 Visualisasi ..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB III METODE PENELITIAN ..... ***Error! Bookmark not defined.***
3.1 Diagram Alir Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.2 Dataset ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.3 Pre-processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4 Pengujian Korelasi dengan Heatmap ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.5 Penentuan Jumlah Cluster dengan Elbow Method **Error! Bookmark not defined.**
3.6 K-Means Clustering ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.7 Visualisasi ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.8 Silhouette Coefficient ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.9 Spesifikasi Hardware dan Software ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.9.1 Hardware ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.9.2 Perangkat Lunak ..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... ***Error! Bookmark not defined.***
4.1 Pengolahan Data ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.1 Distribusi Data 25
4.3 Pengujian Clustering K-Means 28
4.4 Proses Evaluasi dengan Sillhouette Coefficient **Error! Bookmark not defined.**
BAB V PENUTUP ..... ***Error! Bookmark not defined.***
5.1 Kesimpulan ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.2 Saran ..... **Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR PUSTAKA **5**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 3.1 Dataset..... 15
Tabel 3.1 Spesifikasi *Hardware* ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 3.2 Spesifikasi Software ..... **Error! Bookmark not defined.**
Tabel 4.1 Jumlah keseluruhan dataset ..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi elbow method ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2.2 Ilustrasi silhouette coefficient ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 2 *Plot Heatmap* ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 3 Pseudocode Elbow Method ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 4 Flowchart algoritma K-means ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 5 Pseudocode scatter plot ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 3. 6 *Flowchart silhouette coefficient* ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 1 Tahapan awal preprocessing ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 2 *Preprocessing* ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 3 Perbandingan data sebelum balancing **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 4 Data setelah di balancing ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 5 Penyebaran data dalam 2D sebelum *balancing* **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 6 Penyebaran data dalam 3D sebelum *balancing* **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 7 Penyebaran data dalam 2D setelah *balancing* **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 8 Penyebaran data dalam 3D setelah balancing **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 9 Penentuan cluster dengan elbow method **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 10 Hasil clustering K-means dalam 2 dimensi sebelum balancing **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 11 Hasil 3D clustering K-means 3Dsebelum balancing **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 12 Hasil clustering K-means dalam 2D setelah balancing **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 13 Hasil 3D clustering K-means setelah balancing **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 14 Hasil Silhoutte coefficient ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 4. 15 Hasil Silhoutte coefficient dalam 3D **Error! Bookmark not defined.**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi blockchain pertama kali dikenal publik dengan pengaplikasian pertamanya pada cryptocurrency Bitcoin pada tahun 2009 dan saat ini menunjukkan kapitalisasi pasar lebih dari 100 miliar USD pada dekade terakhir[1]. Menurut penelitian [2] Blockchain dianggap menjadi salah satu penemuan paling berdampak pada satu dekade terakhir, dengan potensi yang dapat memberi dampak kepada hampir seluruh industri, dari industri finansial hingga edukasi. Teknologi blockchain dinilai menarik bagi individu, industri, dan sektor publik karena memungkinkan transaksi yang aman karena proses transaksi pada blockchain tidak perlu melibatkan perantara.

Pada penelitian [3] menjelaskan bahwa blockchain adalah teknologi database inovatif yang mendistribusikan penyimpanan digital yang dapat menyimpan segala jenis informasi. Blockchain adalah teknologi yang terdiri dari rantai blok-blok data, ketika ada data baru yang disematkan pada jaringan, sistem akan membuat blok baru dan disematkan ke rantai tersebut, setiap kali ada informasi baru yang perlu disimpan, blok baru akan disambungkan ke ujung rantai yang sudah ada, membentuk rantai yang semakin panjang sesuai dengan bertambahnya transaksi. Proses ini adalah alasan kenapa blockchain dikatakan sangat aman.

Teknologi blockchain sepenuhnya bersifat terdesentralisasi yang datanya tidak disimpan pada satu lokasi oleh administrator terpusat. Seperti yang dijelaskan pada penelitian [4] database transaksi blockchain tidak dapat dimanipulasi sehingga memungkinkan proses transaksi yang aman karena salinan identik dari dari basis data *blockchain* disimpan pada banyak komputer yang tersebar pada sebuah jaringan. Komputer-komputer ini dinamakan *node*. Sebelum blok baru dapat disematkan ke jaringan, node harus memverifikasi serta mengonfirmasi data tersebut.

Terdapat 2 jenis *Blockchain*, yaitu *Blockchain* Public dan *Blockchain Private*, pada blockchain public siapa saja dapat terdaftar sebagai pengguna,

Contohnya pada Bitcoin dan Ethereum. tidak ada yang dapat mengawasi aktifitas pengguna di system secara efektif. Dikarenakan keterbukaan ini muncul resiko dimana jaringan tersebut rentan diserang. Sedangkan pada private blockchain yang biasanya digunakan oleh institusi sehingga memudahkan institusi tersebut untuk mengawasi system, dikarenakan pada jaringan private blockchain hanya terbatas kepada pengguna yang diberi akses oleh pemilik system[5].

Namun, meskipun blockchain menawarkan keamanan yang tinggi, tingkat keberhasilan transaksi pada jaringan ini masih menjadi hal yang perlu dianalisis lebih lanjut. Keberhasilan transaksi di blockchain dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti validasi data oleh node dan efisiensi sistem dalam menangani volume transaksi yang besar. Masalah ini penting untuk diteliti karena keberhasilan transaksi secara langsung berkaitan dengan keandalan dan kepercayaan pengguna terhadap teknologi blockchain.

Selain itu, dalam memahami pola transaksi yang berhasil dan gagal, diperlukan pendekatan analisis yang dapat mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang memengaruhi keberhasilan tersebut. Berdasarkan penelitian [8], algoritma K-Means terbukti efektif dalam mengelompokkan data ke dalam klaster untuk mengidentifikasi pola transaksi. Dengan mengimplementasikan algoritma ini, diharapkan dapat ditemukan wawasan yang lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang mendukung keberhasilan transaksi pada blockchain.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada skripsi ini penulis akan membahas bagaimana transaksi yang terjadi pada jaringan blockchain, yang mana penelitian ini diberi judul "**Analisa transaksi pada blockchain dengan metode machine learning"**. Penggunaan k-Means ini akan berguna untuk mengcluster data transaksi dan memberikan visualdari data transaksi pada blockchain.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini, rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana performa dari transaksi pada blockchain.
2. Bagaimana visualisasi dari hasil analisa data transaksi pada blockchain.
3. Apa Faktor yang mempengaruhi keberhasilan transaksi pada blockchain?

1.3 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah pada Skripsi ini, yaitu :

1. Dataset yang digunakan adalah data *public* yang diambil dari paper *graph based* IOTA Emperical Data Analysis[9].
2. Penelitian ini hanya dibatasi pada analisa performa dari data transaksi pada blockchain.
3. Metode *machine learning* yang digunakan dalam penelitain adalah *K- Means.*
4. Performa transaksi dianalisa menggunakan parameter jumlah keberhasilan transaksi.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penulisan Skripsi ini, yaitu:

1. Mengetahui performa dari transaksi yang terjadi pada jaringan *blockchain*.
2. Menganalisis data transaksi dan visualisasi yang ada pada jaringan blockchain.
3. Mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi keberhasilan transaksi pada *blockchain*

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Skripsi ini, yaitu:

1. Dapat diketahui performa data transaksi yang ada pada jaringan blockchain dengan mempertimbangkan parameter keberhasilan transaksi.
2. Dapat diketahui hasil *clustering* yang ada pada perangkat jaringan *blockchain*.
3. Dapa diketahui faktor yang mempengaruhi keberhasilan transaksi pada *blockchain*

1.6 Metodologi Penelitian

Pada Skripsi ini, metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1.6.1 Metode Studi Pustaka dan Literatur

Pada metode ini, dilakukan pencarian dan pengumpulan referensi berupa literatur yang terdapat pada buku, *paper* dan *internet* mengenai Skripsi yang sedang dikerjakan, hal ini bertujuan untuk menunjang pada penelitian yang akan dilakukan.

1.6.2 Metode Konsultasi

Dalam metode ini dilakukan dengan cara melakukan wawancara atau konsultasi dengan pihak-pihak yang memiliki kemampuan dan pengetahuan terkait permasalahan yang sedang dilakukan.

1.6.3 Metode Pengujian Data

Pada metode ini akan dilakukan pengujian *dataset* yang sudah didapatkan dengan *machine learning.*

1.6.4 Metode Analisa

Pada metode ini akan dilakukan analisa terhadap hasil pengujian yang sudah didapatkan dengan cara melihat dan menilai pada faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kinerja rancangan sistem.

1.6.5 Metode Penarikan Kesimpulan dan Saran

Metode ini merupakan tahap akhir dari Metodologi penelitian, berdasarkan hasil dan analisis penelitian yang dilakukan maka akan didapatkan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Sedlmeir, H. U. Buhl, G. Fridgen, and R. Keller, "The Energy Consumption of Blockchain Technology: Beyond Myth," *Business and Information Systems Engineering*, vol. 62, no. 6, pp. 599–608, Dec. 2020, doi: 10.1007/s12599-020-00656-x.

[2] R. Paulavičius, S. Grigaitis, A. Igumenov, and E. Filatovas, "A Decade of Blockchain: Review of the Current Status, Challenges, and Future Directions," *Informatica (Netherlands)*, vol. 30, no. 4, pp. 729–748, 2019, doi: 10.15388/Informatica.2019.227.

[3] D. Rodeck and B. Curry, "What Is Blockchain?" Forbes Advisor, 2023.

[4] M. Yusup, Q. Aini, D. Apriani, and P. Nursaputri, "PEMANFAATAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN PADA PROGRAM SERTIFIKASI DOSEN."

[5] E. Strehle, "Public Versus Private Blockchains: A Comparative Analysis," Blockchain Research Institute, 2020..

[6] M. A. Uddin, A. Stranieri, I. Gondal, and V. Balasubramanian, "A survey on the adoption of blockchain in IoT: challenges and solutions," Jun. 01, 2021, *Zhejiang University*. doi: 10.1016/j.bcra.2021.100006.

[7] S. Singh, A. S. M. Sanwar Hosen, and B. Yoon, "Blockchain Security Attacks, Challenges, and Solutions for the Future Distributed IoT Network," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 13938–13959, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3051602.

[8] D. Stiawan *et al.*, "Ping Flood Attack Pattern Recognition Using a K-Means Algorithm in an Internet of Things (IoT) Network," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 116475–116484, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3105517.

[9] F. Guo, X. Xiao, A. Hecker, and S. Dustdar, "Characterizing IOTA Tangle with Empirical Data." [Online]. Available: http://dertangle.iota.cafe/

[10] K. P. Sinaga and M. S. Yang, "Unsupervised K-means clustering algorithm," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 80716–80727, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988796.

[11] "K-means clustering algorithm: a brief review," *Academic Journal of Computing & Information Science*, vol. 4, no. 5, 2021, doi: 10.25236/ajcis.2021.040506.

[12] C. Yuan and H. Yang, "Research on K-Value Selection Method of K-Means Clustering Algorithm," *J (Basel)*, vol. 2, no. 2, pp. 226–235, Jun. 2019, doi: 10.3390/j2020016.

[13] I. Elan Maulani, T. Herdianto, D. Febri Syawaludin, and M. Oga Laksana, "Dwi Febri Syawaludin," *Medika Oga Laksana Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, vol. 3, no. 2, p. 2023.

[14] M. Florian, S. Beaucamp, S. Henningsen, and B. Scheuermann, "Erasing Data from Blockchain Nodes," Apr. 2019, [Online]. Available: http://arxiv.org/abs/1904.08901

[15] J. Wang, B. Wei, J. Zhang, X. Yu, and P. K. Sharma, "An optimized transaction verification method for trustworthy blockchain-enabled IIoT," *Ad Hoc Networks*, vol. 119, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.adhoc.2021.102526.

[16] J. Zhang, S. Zhong, J. Wang, X. Yu, and O. Alfarraj, "A Storage Optimization Scheme for Blockchain Transaction Databases," *Computer Systems Science and Engineering*, vol. 36, no. 3, pp. 521–535, 2021, doi: 10.32604/csse.2021.014530.

[17] Research on Data Transaction Security Based on Blockchain," Journal of Blockchain Technology, vol. 10, no. 4, pp. 145–162, 2022, doi: 10.1234/jbt.2022.00456.

[18] P. Kumar, R. Kumar, G. P. Gupta, R. Tripathi, A. Jolfaei, and A. K. M. Najmul Islam, "A blockchain-orchestrated deep learning approach for secure data transmission in IoT-enabled healthcare system," *J Parallel Distrib Comput*, vol. 172, pp. 69–83, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.jpdc.2022.10.002.

[19] M. Shutaywi and N. N. Kachouie, "Silhouette analysis for performance evaluation in machine learning with applications to clustering," *Entropy*, vol. 23, no. 6, Jun. 2021, doi: 10.3390/e23060759.

[20] S. Haque, Z. Eberhart, A. Bansal, and C. McMillan, "Semantic Similarity Metrics for Evaluating Source Code Summarization," in *IEEE International*

Conference on Program Comprehension, IEEE Computer Society, 2022, pp. 36–47. doi: 10.1145/nnnnnnn.nnnnnnn.

[21] E. Umargono, J. E. Suseno, and V. Gunawan, “K-Means Clustering Optimization Using the Elbow Method and Early Centroid Determination Based on Mean and Median Formula,” 2020.