

## DESAIN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN MANAJEMEN INFRASTRUKTUR MENGGUNAKAN METODE BLOCKCHAIN

Deby Krisan Anggraeni, Ronald David Marcus

Sistem Informasi, Universitas Merdeka Malang  
Jalan Terusan Raya Dieng 62-64 Malang, Indonesia  
20083000185@student.unmer.ac.id

### ABSTRAK

Teknologi *blockchain*, yang terkenal karena desentralisasi, transparansi, dan keamanannya yang tinggi, dianggap sebagai cara untuk menyelesaikan berbagai persoalan yang dihadapi dalam manajemen infrastruktur tradisional. Permasalahan ini meliputi risiko serangan siber, manipulasi data, kurangnya transparansi, dan rendahnya efisiensi operasional. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menerapkan jaringan manajemen infrastruktur yang menggunakan teknologi *blockchain*. Implementasi dilakukan dengan membuat prototipe jaringan dan mengujinya dalam lingkungan simulasi untuk menilai efektivitas dan keandalannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan berbasis *blockchain* dapat meningkatkan keamanan data dengan mengurangi kemungkinan serangan dan manipulasi. Karena semua transaksi dicatat dan dapat dilihat, transparansi dan akuntabilitas juga meningkat secara signifikan. Dengan *smart contracts*, proses dapat diotomatisasi, yang telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional.

**Kata kunci :** *Blockchain, Keamanan Data, Smart Contracts, Manajemen Infrastruktur, Desentralisasi. Abstrak*

### 1. PENDAHULUAN

Pada era saat ini manusia tidak jauh pada teknologi yang berkembang sangat pesat dan semakin maju. Perkembangan teknologi di kehidupan sehari-hari memiliki peran penting bagi manusia di zaman sekarang [1]. Manusia akan terus berupaya dalam meningkatkan kualitas dan efektivitas kehidupannya. Sama halnya dengan teknologi pendukung yang terus berkembang pesat dan *modern* jauh lebih baik dari masa-masa sebelumnya. Dalam era digital, infrastruktur adalah komponen penting yang mendukung berbagai aktivitas ekonomi, sosial, dan politik. Teknologi *blockchain* menawarkan solusi yang menjanjikan untuk manajemen infrastruktur yang efektif dan efisien, yang dapat merevolusi manajemen infrastruktur dengan memberikan keamanan, transparansi, dan otomatisasi yang lebih baik [2].

Dalam hal ini, Ditjen Diktiristek (Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi) memanfaatkan teknologi *blockchain* untuk kepentingan antar universitas yang bergabung. Dalam *project* ini *blockchain* mengatur keamanan jaringan antar *node* (simpul).

Penerapan teknologi *blockchain* pada sistem keamanan informasi merupakan salah satu inovasi yang sangat menjanjikan dalam masa yang akan datang [3]. Beberapa keuntungan penting dari penerapan *blockchain* pada sistem keamanan informasi termasuk memberikan solusi kuat untuk keamanan data, menjamin keutuhan data, transaksi transparan, memungkinkan *user* anonim, membuat data, dan memastikan keandalan penyimpanan data [4].

Adanya teknologi *blockchain*, mencakup 3 hal yang dialami oleh pelaku transaksi. Akuntabilitas dalam *blockchain* terbentuk melalui konsensus yang dihasilkan oleh *smart contract* atau *chaincode*,

sementara transparansi tercapai melalui catatan pembukuan (*ledger*) yang dapat diakses oleh kedua belah pihak. Kepercayaan dalam *blockchain* hadir melalui realisasi jaringan *blockchain* [5].

Dengan teknologi *blockchain* yang canggih, proses kontrak yang biasanya membutuhkan campur tangan dan pengawasan manusia dapat dilakukan sebagian atau sepenuhnya diotomatisasi. Selain itu, *blockchain* memiliki kemampuan untuk menyelesaikan isu terkait akses model serta menyediakan verifikasi yang akurat tentang siapa dan kapan perubahan terjadi akan dilakukan. *Blockchain* memiliki kemampuan untuk membuat perubahan dan membantu memecahkan masalah dalam suatu organisasi secara kolektif. *Blockchain* adalah *database* transaksi yang dikontrol dan didistribusikan antara rekan-rekan yang digunakan untuk mencatat dan menyimpan daftar transaksi, yang disebut (blok), yang telah diverifikasi melalui kriptografi [6].

Data di *blockchain* dapat didistribusikan dari satu *server* ke *server* lain dengan persetujuan dari semua anggota jaringan. Karena jaringan *blockchain* memungkinkan distribusi yang adil dan transparan, keputusan tentang status saham atau aset lainnya dapat diambil setelah sebagian besar anggota jaringan setuju. Dalam *blockchain*, data transaksi dapat dibagikan dengan mudah di seluruh jaringan komputer, tanpa mengandalkan pusat yang dipercaya [7]. Dengan demikian, proses dalam jaringan *blockchain* tidak memerlukan keberadaan pusat yang dapat diandalkan. Kelompok jaringan dapat bekerja sama untuk membuat keputusan dan validasi data, yang menciptakan lingkungan yang lebih terdesentralisasi, aman, dan dapat diperiksa.

Karena transaksi telah direplikasi di seluruh jaringan, mereka tidak lagi bertumpu pada satu *server* yang menggunakan teknologi *blockchain*. Semua blok

*blockchain* terhubung satu sama lain, sehingga dalam kasus data diubah di salah satu blok, maka data di blok yang lain juga harus diubah. Karena jaringan dibentuk oleh setiap blok yang dilindungi oleh kriptografi [8]. Mekanisme konsensus yang disimpan dalam teknologi informasi *blockchain* memungkinkan setiap jaringan *peer-to-peer* di dalamnya dapat terhubung dan tersertifikasi untuk merekam data baru. Selain itu, *blockchain* bersifat terdesentralisasi, artinya tidak ada satu pihak pun yang memiliki kendali penuh. Sebaliknya, kendali dibagi di antara semua komputer yang menjalankan perangkat lunak khusus [9].

Mencakup rangkaian sistem dan teknologi yang mendukung operasi, manajemen, dan keamanan jaringan *blockchain*. Ini melibatkan serangkaian komponen seperti *node* (simpul) yang membentuk jaringan, basis data terdistribusi yang menyimpan transaksi, protokol konsensus untuk validasi transaksi, dan lapisan keamanan yang melindungi integritas data. Infrastruktur ini juga mencakup alat-alat administratif seperti perangkat lunak manajemen *node*, konfigurasi jaringan, dan pengaturan keamanan. Hal ini, memastikan ketersediaan, keandalan, dan keamanan operasional dari seluruh jaringan *blockchain* [10].

Selain itu, Infrastruktur Administrasi *Blockchain* juga dapat mencakup komponen seperti layanan identitas, manajemen izin, dan integrasi dengan teknologi lain. Tujuannya adalah memastikan operasional yang mulus, keamanan tinggi, serta kinerja optimal dari infrastruktur yang mendukung ekosistem *blockchain* [11].

Dalam permasalahan tersebut, peneliti berencana untuk mengembangkan sebuah sistem *monitoring* berbasis *blockchain*. Sistem ini bertujuan untuk memfasilitasi universitas yang tergabung dalam jaringan tersebut dan mempermudah manajemen jaringan *blockchain* di lingkungan Ditjen Diktiristek (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi). Dengan adanya sistem *monitoring* ini, diharapkan proses pengawasan, pengelolaan data, serta koordinasi antar universitas dan Ditjen Diktiristek dapat berjalan lebih efisien dan transparan. Namun, terdapat perbedaan dalam pendekatan dan fokus penelitian:

a. Pendekatan Penelitian:

Pendekatan penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman komprehensif tentang bagaimana teknologi *blockchain* dapat diterapkan dalam manajemen infrastruktur, serta dampak potensialnya terhadap peningkatan kinerja dan daya saing perusahaan. Adapun pendekatan penelitian ini mencakup beberapa aspek tertentu, seperti pemahaman teknologi dan manajemen infrastruktur, efisiensi operasional, transparansi dan akuntabilitas. Melalui pendekatan penelitian ini, diharapkan dapat memperoleh wawasan yang berharga mengenai penerapan *blockchain* dalam manajemen infrastruktur, serta manfaat yang dapat dihasilkan dalam hal peningkatan kinerja, efisiensi operasional, transparansi dan akuntabilitas perusahaan.

b. Fokus Penelitian:

Penelitian ini dengan lingkup antar universitas berfokus untuk memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan konsep dan implementasi jaringan manajemen infrastruktur berbasis *blockchain*. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tentang bagaimana metode *blockchain* dapat diterapkan dalam jaringan manajemen infrastruktur, serta mengkaji dampaknya terhadap efisiensi operasional dan keamanan data infrastruktur. Diharapkan bahwa penerapan teknologi *blockchain* dalam konteks ini akan memberikan peningkatan yang nyata dalam efisiensi dan keamanan, yang pada gilirannya dapat diukur dan dianalisis oleh peneliti.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan dan mengembangkan solusi yang dapat mempercepat dan mempermudah proses manajemen serta membangun koneksi jaringan antar universitas. Penelitian ini akan berfokus pada kemudahan implementasi dan efisiensi, dengan tujuan akhir menciptakan sistem yang dapat diadopsi dengan mudah oleh berbagai universitas. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas operasional dan kolaborasi antar universitas melalui pemantauan sistem yang efektif dan real-time. Hal ini melibatkan pengembangan sistem yang mampu memastikan kinerja jaringan tetap optimal serta mendeteksi dini potensi masalah

## 2. TINJAUAN PUSTAKA.

### 2.1. *Blockchain*

*Blockchain* adalah teknologi yang memungkinkan transaksi dicatat secara aman dan terdesentralisasi. Rantai blok, atau *blockchain*, terdiri dari blok-blok yang dihubungkan satu sama lain secara kronologis untuk menyimpan data transaksi. Setiap blok mengandung sekumpulan transaksi yang telah diverifikasi dan dienkripsi, dan setiap blok berhubungan dengan blok sebelumnya, yang membentuk rangkaian transaksi yang tidak berubah [12].

### 2.2. *Geth Ethereum*

Salah satu platform *blockchain* yang pertama kali dikenalkan oleh Vitalik Buterin adalah *Ethereum*, yang memungkinkan pelaksanaan *smart-contract*. Perjanjian pintar adalah kontrak digital yang dijalankan di atas *blockchain* dan ditulis dalam bahasa pemrograman komputer. Perjanjian pintar memungkinkan berbagai pihak untuk mengelola hubungan mereka secara otomatis tanpa kehadiran pihak lain dapat dipercaya sebagai mediator. Perjanjian pintar menerapkan ketentuan yang telah dijelaskan secara rinci dalam kontrak untuk melakukan transaksi atau langkah tambahan yang diperlukan [13].

### 2.3. *Monitoring Sistem*

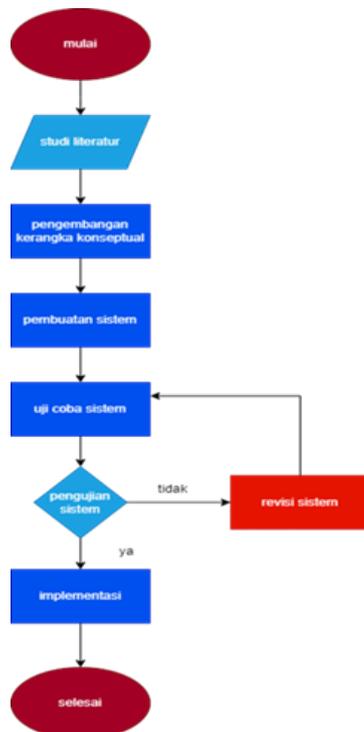
*Monitoring* sistem adalah proses pemantauan dan pengawasan yang sistematis terhadap berbagai komponen dan parameter yang ada dalam suatu sistem.

Tujuan utama dari *monitoring* sistem adalah untuk memastikan bahwa sistem beroperasi secara optimal, efisien, aman, dan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Ini mencakup pengumpulan data berkala atau terus menerus dari berbagai sumber, menganalisis data tersebut, dan mengambil tindakan yang sesuai berdasarkan hasil pemantauan. Perangkat lunak *monitoring* jaringan, perangkat keras *monitoring* fisik, sistem manajemen kinerja aplikasi (APM), dan alat pemantauan log adalah beberapa alat dan teknologi yang dapat digunakan untuk memonitor sistem. Dengan menerapkan *monitoring* sistem yang efektif, organisasi dapat mengurangi risiko keamanan, meningkatkan ketersediaan layanan, dan merespons cepat terhadap masalah atau perubahan lingkungan [14].

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan langkah penting dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian, membantu peneliti dalam mengumpulkan dan menganalisis data [15]. Metode penelitian yang diterapkan dalam perancangan sistem *blockchain* menggunakan metode *peer to peer* pada sistem Ditjen Diktiristek (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi) seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1. Metodologi penelitian

#### 3.2. Tahap Awal

Studi literatur dari penelitian terdahulu yang dipublikasikan dalam jurnal maupun skripsi diperlukan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai langkah-langkah metode *blockchain* yang digunakan dalam proses *monitoring* sistem.

#### 3.3. Pengembangan Kerangka Konseptual

Pengembangan kerangka konseptual dalam penelitian *blockchain peer to peer* merupakan tahap krusial yang melibatkan identifikasi elemen-elemen kunci seperti model jaringan, konsep *blockchain*, dan sistem *monitoring*.

#### 3.4. Pembuatan Sistem

Pembuatan sistem melibatkan tahapan yang terstruktur, mulai dari perencanaan dan perancangan hingga implementasi dan pengujian, dengan tujuan menciptakan solusi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan spesifikasi yang telah ditetapkan.

#### 3.5. Uji Coba Sistem

Uji coba sistem adalah bagian penting dari pengembangan perangkat lunak. Ini melibatkan menguji fungsionalitas, keandalan, dan kinerja sistem untuk memastikan bahwa solusi yang dikembangkan memenuhi tujuan dan kebutuhan pengguna.

#### 3.6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem adalah proses kritis dalam siklus pengembangan perangkat lunak yang melibatkan evaluasi komprehensif terhadap fungsi, kinerja, dan keandalan sistem guna memastikan bahwa hasilnya sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan sebelum diimplementasikan secara luas.

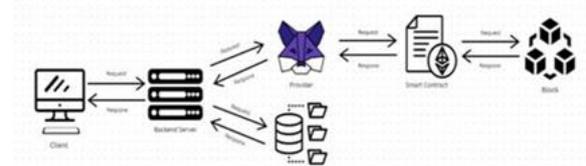
#### 3.7. Implementasi Sistem *Monitoring Blockchain*

Implementasi sistem *monitoring blockchain* melibatkan pemasangan dan konfigurasi perangkat lunak serta perangkat keras yang diperlukan untuk memantau aktivitas jaringan *blockchain*, sehingga memungkinkan pemantauan yang efektif terhadap transaksi, kesehatan jaringan, dan kinerja sistem secara *real-time*.

#### 3.8. Desain Sistem

Desain sistem adalah proses merancang dan menentukan struktur, komponen, modul, antarmuka, dan data dari sebuah sistem untuk memenuhi kebutuhan tertentu [16].

Desain sistem yang menerapkan teknologi *blockchain* yang dirancang untuk memberikan keamanan pada penyimpanan *database* menggunakan *blockchain* yang dapat memastikan bahwa semua elemen yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem tersebut bekerja secara sinergis dan efisien. Seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. Diagram alur desain sistem

Dapat dijelaskan pada gambar diatas sebagai berikut:

a. *Client*

*Client* merupakan perangkat atau aplikasi yang dapat mengakses layanan yang disediakan oleh *server* dan memiliki antarmuka yang mudah digunakan, memungkinkan pengguna untuk melakukan *input* dan berinteraksi dengan orang lain.

b. *Backend Server*

*Backend server* adalah komponen sistem yang bertanggung jawab untuk pemrosesan data, logika aplikasi, dan manajemen basis data yang berjalan di *server*. *Server* ini mengelola permintaan dari *client* dan mengirimkan respons yang sesuai. *Backend server* juga memadukan logika bisnis dan integrasi dengan kontrak pintar (*smart contracts*) di *blockchain* untuk pengelolaan data secara aman serta mengintegrasikan data dengan *blockchain*, memastikan keamanan dan transparansi dalam pengelolaan informasi.

c. *Provider Blockchain*

*Provider blockchain* adalah layanan atau *platform* yang memungkinkan aplikasi berinteraksi dengan jaringan *blockchain*. *Provider* berfungsi sebagai perantara yang mengelola koneksi antara aplikasi dan jaringan *blockchain*, memfasilitasi transaksi, dan memberikan akses ke data yang disimpan di jaringan. *Provider* dengan protokol web3 memungkinkan aplikasi terkoneksi dengan jaringan *blockchain* dengan aman dan transparan.

d. *Database Blockchain*

*Database blockchain* adalah sistem penyimpanan data terdistribusi yang menggunakan teknologi *blockchain* untuk memastikan keamanan, transparansi, dan integritas data. Data disimpan dalam bentuk blok yang saling terkait dan dilindungi dengan teknik kriptografi, sehingga setiap perubahan pada data dapat dilacak dan diverifikasi

e. *Kontrak Pintar*

*Kontrak Pintar* merupakan program komputer yang secara otomatis mengeksekusi, mengendalikan, atau mencatat tindakan dan peristiwa sesuai dengan ketentuan kontrak yang telah ditetapkan. *Smart contract* dirancang untuk berjalan di *platform blockchain*, mengurangi risiko kecurangan dan meningkatkan efisiensi transaksi dengan memastikan bahwa semua pihak memenuhi kewajiban mereka secara aman dan transparan tanpa memerlukan perantara.

f. *Block*

*Block* dalam *blockchain* adalah unit penyimpanan yang mencatat kumpulan data atau transaksi yang telah diverifikasi dan disetujui oleh jaringan. Setiap blok berisi informasi transaksi, cap waktu (*timestamp*) dan referensi ke blok sebelumnya yang membentuk rantai yang tidak dapat diubah dan memberikan keamanan dan integritas data di seluruh jaringan.

**3.9. Teknik Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini, berbagai metode pengumpulan data digunakan, termasuk:

a. Analisis

Analisis merupakan upaya untuk memperoleh pemahaman lebih terhadap fenomena yang diteliti, dengan mengidentifikasi pola atau tren yang relevan, dan menghasilkan temuan atau kesimpulan yang mendukung tujuan penelitian.

b. Identifikasi

Identifikasi adalah teknik penulisan yang memperoleh informasi dan data sebagai bahan implementasi sistem yang mencakup berbagai pertanyaan dalam bentuk kuesioner.

c. Studi Literatur

Metode pengumpulan data dari berbagai sumber, seperti jurnal dan penelitian sebelumnya, yang relevan dengan topik skripsi atau berkaitan dengan teori dan pengembangan sistem informasi.

**3.10. Teknik Analisis Data**

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kualitatif. Penelitian kualitatif dapat membantu dalam memahami proses perancangan sistem, pengembangan *smart contract*, pemilihan *platform blockchain*, dan integrasi dengan infrastruktur yang ada.

**3.11. Aspek Usability**

Penggunaan kuesioner yang akan dibagikan ke beberapa *responden* yang merupakan pengguna dari sistem *blockchain* yang terdiri dari beberapa dosen universitas di Indonesia. Instrumen dalam pengujian *usability* menggunakan kuesioner *USE*. Kuesioner *USE*, yang berarti kemudahan, kepuasan, dan kemudahan penggunaan, adalah alat yang dimaksudkan untuk mengukur pengalaman pengguna dengan produk atau layanan, terutama yang berkaitan dengan teknologi dan perangkat lunak [17]. Instrumen pengujian *usability* disajikan di dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Pertanyaan kuesioner

| Pertanyaan Kuesioner |   |
|----------------------|---|
| 1.                   | Sistem ini mempermudah pengguna untuk monitoring  |
| 2.                   | Sistem blockchain menawarkan berbagai manfaat signifikan yang dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, dan transparansi dalam berbagai aplikasi        |
| 3.                   | Apakah Anda berpikir bahwa penggunaan jaringan blockchain akan menjadi lebih umum di masa depan   |
| 4.                   | Sistem blockchain dirancang untuk menawarkan sejumlah fitur yang dapat memenuhi berbagai kebutuhan pengguna, dari keamanan hingga efisiensi transaksi |
| 5.                   | Apakah Anda setuju bahwa sistem ini mempermudah instansi atau kampus untuk bertukar data melalui jaringan blockchain                                  |
| 6.                   | Proses pada transaksi sistem blockchain ini menerima dan memproses transaksi dengan cepat   |
| 7.                   | Apakah sistem ini responsif pada dukungan teknis yang memastikan pengguna mendapatkan bantuan dan solusi secara cepat dan efisien                     |
| 8.                   | Apakah sistem jaringan blockchain ini dapat diandalkan untuk keperluan Anda   |

| Pertanyaan Kuesioner |  |
|----------------------|--|
| 9.                   | Apakah Anda mengalami kendala dalam sistem monitoring  |
| 10.                  | Apakah Anda akan merekomendasikan penggunaan jaringan blockchain ini kepada orang lain berdasarkan pengalaman Anda |

Skala *Likert* adalah skala psikometrik yang paling umum digunakan dalam kuesioner dan paling sering digunakan dalam studi survei. Skala ini berfungsi untuk memastikan bahwa *responden* menjawab setiap topik atau pernyataan dalam kuesioner pada tingkat yang berbeda [18][19]. Hasil dari *responden* dibagi menjadi 5 skala yaitu 1-5 dengan masing-masing poin yang disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kriteria jawaban

| Poin | Singkatan | Kriteria Jawaban    |
|------|-----------|---------------------|
| 1.   | STS       | Sangat Tidak Setuju |
| 2.   | ST        | Tidak Setuju        |
| 3.   | N         | Netral              |
| 4.   | S         | Setuju              |
| 5.   | SS        | Sangat Setuju       |

Rumus presentasi untuk menghitung kelayakan disajikan:

$$Index (\%) = \frac{Jumlah\ Skor\ Total}{Nilai\ Tertinggi} \times 100 \quad (1)$$

Setelah itu hasil tersebut dikonversikan sesuai dengan Tabel kelayakan dengan kategori pada Tabel 3:

Tabel 3. Kelayakan

| Interval   | Kategori           |
|------------|--------------------|
| 20% - 35%  | Sangat Tidak Layak |
| 36% - 51%  | Tidak Layak        |
| 52% - 67%  | Cukup Layak        |
| 68% - 83%  | Layak              |
| 84% - 100% | Sangat Layak       |

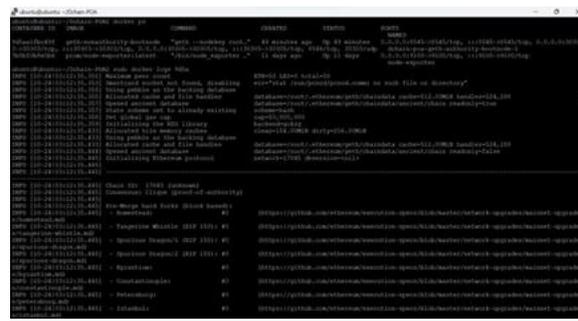
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Cek Geth Container

Cek *Geth Container* merupakan proses pemeriksaan dan verifikasi yang menyeluruh terhadap *container Geth* dalam konteks *Ethereum*. Proses ini melibatkan pengecekan integritas dan kinerja *container Geth* untuk memastikan bahwa *node* beroperasi dengan baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

###### a. Cek Logs

Cek *logs* merupakan proses memeriksa log atau catatan aktivitas yang dibuat oleh aplikasi atau sistem. Log ini digunakan untuk mendeteksi, mendiagnosis, dan memecahkan masalah yang mungkin terjadi.



Gambar 3. Cek logs

###### b. Cek Informasi Jaringan Node

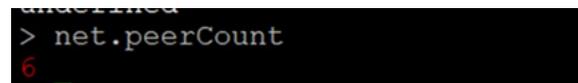
Memeriksa informasi jaringan *node* sangat penting untuk memastikan bahwa *node* berfungsi dengan baik, terhubung dengan jaringan, dan berinteraksi dengan *node* yang lain.



Gambar 4. Cek Informasi Jaringan Node

###### c. Menampilkan Jumlah Peers

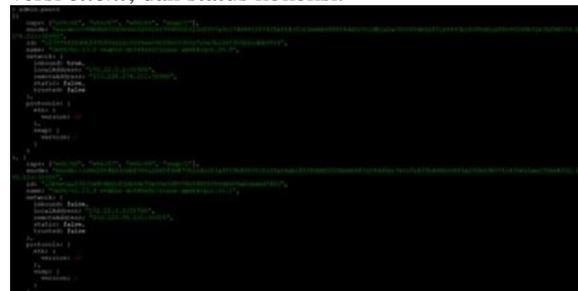
*Peers* merupakan *node* jaringan *Ethereum* lainnya yang berinteraksi langsung dengan *node* inti. Hasilnya akan berupa angka yang menunjukkan jumlah *peers* yang sedang terhubung.



Gambar 5. Menampilkan Jumlah Peers

###### d. Menampilkan Informasi Node Ethereum

Menampilkan informasi lengkap tentang semua *peers* (*node* lain) yang saat ini terhubung dengan *node* inti dalam jaringan *Ethereum*. Dan mendapatkan daftar *peers* beserta rincian seperti alamat *IP*, *port*, *ID node*, versi *client*, dan status koneksi.



Gambar 6. Menampilkan Informasi Node Ethereum

##### 4.2. Cek Monitoring Sistem

*Monitoring* sistem blockchain adalah proses menyeluruh yang melibatkan pemeriksaan dan pengawasan sistem secara menyeluruh. Proses ini mencakup penggunaan berbagai alat dan pendekatan canggih untuk memantau dan mengelola elemen penting dari sistem *blockchain*.



- THINGS,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [3] 2022) (Apriliasari&Seno, “Penerapan Blockchain,” 2022.
- [4] 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, 2023.
- [5] S. Sudaryono, Q. Aini, N. Lutfiani, ... F. H.-... I. J. of, and undefined 2020, “Application of blockchain technology for ilearning student assessment,” *journal.ugm.ac.id*, vol. 14, no. 2, pp. 209–218, 2020, doi: 10.22146/ijccs.53109.
- [6] M. Daffa, U. Azhar, and R. Azizah, “Integrasi BIM dan Blockchain pada Kinerja Perancangan AEC (Architecture, Engineering, & Construction),” *Prosiding (SIAR) Seminar Ilmiah Arsitektur*, pp. 624–631, Aug. 2022, Accessed: Apr. 05, 2024. [Online]. Available: <https://proceedings.ums.ac.id/index.php/siar/article/view/1043>
- [7] U. Rahardja, “Penerapan Teknologi Blockchain Dalam Pendidikan Kooperatif Berbasis E-Portfolio,” *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 3 Februari, pp. 354–363, Dec. 2023, doi: 10.33050/TMJ.V7I3.1957.
- [8] M. Oka Augusta, C. Putriana Oktaviandi Syeira, A. Hadiapurwa, and K. Kunci, “PENGUNAAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DALAM BIDANG PENDIDIKAN,” vol. 437, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://digitalcredentials.mit.edu>
- [9] T. Dan Hambatan, “IMPLEMENTASI TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DI,” *Buletin Perpustakaan Universitas Islam Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 173–200, 2021.
- [10] KD Larasati, “Prediksi Harga Bitcoin Berdasarkan Informasi Blockchain Menggunakan Metode Long-Short Term Memory,” 2020, Accessed: May 22, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/23614>
- [11] R. Ricky, D. Haryadi, and H. Leon, “PENGARUH IMPLEMENTASI TEKNOLOGI BLOCKCHAIN DALAM MENINGKATKAN TRANSPARANSI DAN KEANDALAN PELAPORAN KEUANGAN,” *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, vol. 7, no. 2, pp. 5679–5684, May 2024, doi: 10.31004/JRPP.V7I2.28284.
- [12] T. Wira and E. Suryawijaya, “Memperkuat Keamanan Data melalui Teknologi Blockchain: Mengeksplorasi Implementasi Sukses dalam Transformasi Digital di Indonesia Strengthening Data Security through Blockchain Technology: Exploring Successful Implementations in Digital Transformation in Indonesia,” vol. 2, no. 1, pp. 55–67, 2023, doi: 10.21787/jskp.2.2023.55-67.
- [13] A. Yafi, P. P. Arhandi, V. A. H. Firdaus, A. Ismail, and K. S. Batubulan, “Sistem Keamanan E-Voting Menggunakan Arsitektur Publik Blockchain Ethereum,” *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 3, pp. 1313–1322, Dec. 2023, doi: 10.30865/KLIK.V4I3.1423.
- [14] E. (Erna) Astriyani, F. N. (Fiskarina) Putri, and N. E. (Nurita) Widianingsih, “Desain Sistem Informasi Monitoring Aset pada PT.Arbumco Wira Pandega,” *Journal Sensi*, vol. 6, no. 1, pp. 87–99, Mar. 2020, doi: 10.33050/SENSI.V6I1.946.
- [15] G. Ayu, A. Diatri Indradewi, I. Gde, and P. Wibawa, “Analisis dan Desain Sistem Informasi Pengajuan dan Monitoring Keuangan Kelurahan Berorientasi Obyek pada Kecamatan Denpasar Selatan,” *Jurnal Krisnadana*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Sep. 2021, doi: 10.58982/KRISNADANA.V1I1.76.
- [16] K. P. Pambudi, M. D. Arofah, A. D. Aji, and M. Much, “Desain Sistem Monitoring Building Automation Berbasis IoT,” *ELECTRICES*, vol. 3, no. 2, pp. 40–46, Oct. 2021, doi: 10.32722/EES.V3I2.4111.
- [17] U. U. Sufandi, M. Priono, D. A. Aprijani, B. A. Wicaksono, and D. Trihapningsari, “UJI USABILITY FUNGSI APLIKASI WEB SISTEM INFORMASI DENGAN USE QUESTIONNAIRE (STUDI KASUS: APLIKASI WEB SISTEM INFORMASI TIRAS DAN TRANSAKSI BAHAN AJAR),” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 19, no. 1, pp. 24–34, Apr. 2022, doi: 10.23887/JPTK-UNDIKSHA.V19I1.42320.
- [18] D. Taluke, R. S. M. Lakat, and A. Sembel, “ANALISIS PREFERENSI MASYARAKAT DALAM PENGELOLAAN EKOSISTEM MANGROVE DI PESISIR PANTAI KECAMATAN LOLODA KABUPATEN HALMAHERA BARAT,” *Jurnal Spasial*, vol. 6, no. 2, 2019.
- [19] Dinda Fransiska, “SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MENENTUKAN E-COMMERCE TERBAIK MENGGUNAKAN METODE WEIGHTED PRODUCT,” vol. 10, 2023.