

PENINGKATAN SKALABILITAS JARINGAN ETHEREUM MELALUI IMPLEMENTASI SHARDING: STUDI KASUS DAN EVALUASI KINERJA

Fadhlan Subhan Fadilah¹⁾, Karimah Agustin²⁾, Angga Agustian³⁾, Abdul Rauf⁴⁾, Adrian Reza⁵⁾

Teknik Informatika Universitas Nusa Putra

Jl. Raya Cibolang Cisaat-Sukabumi No.21, Cibolang Kaler, Kec. Cisaat, Kab. Sukabumi, Jawa Barat, 43152
e-mail:

fadhlanfadilah06@gmail.com¹⁾, karimah.agustin_ti22@nusaputra.ac.id²⁾, agustiana0826@gmail.com³⁾,
raufahmeddahar@gmail.com⁴⁾, adrian.reza@nusaputra.ac.id⁵⁾

* Korespondensi: e-mail:

ABSTRAK

Sebagai platform terkemuka untuk aplikasi terdesentralisasi (dApps) dan smart contract, blockchain Ethereum menghadapi tantangan signifikan dalam hal skalabilitas seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna dan volume transaksi. Saat ini, jaringan hanya mampu memproses 15 transaksi per detik (TPS), suatu keterbatasan yang membuatnya sulit bersaing dengan sistem konvensional seperti Visa. Sharding diusulkan sebagai solusi untuk mengatasi masalah ini. Sharding membagi jaringan menjadi segmen-segmen lebih kecil (shard) yang memungkinkan transaksi diproses secara paralel, sehingga meningkatkan throughput tanpa membebani node individu. Studi ini menerapkan implementasi sharding dalam rencana peningkatan Ethereum 2.0, yang memperkenalkan komponen-komponen penting seperti beacon chain dan shard chain. Beacon chain menyinkronkan dan mengamankan shard, dengan setiap shard bertindak sebagai mini-blockchain. Dalam studi kasus ini, kami menganalisis kinerja sharding berdasarkan empat faktor utama: throughput, latensi, keamanan, dan interoperabilitas. Hasil awal menunjukkan bahwa sharding dapat secara signifikan meningkatkan skalabilitas jaringan, berpotensi meningkatkan TPS hingga ribuan kali lipat, mengurangi latensi, dan mempertahankan standar keamanan tinggi melalui pengelolaan validator. Namun, tantangan seperti komunikasi antar-shard dan ketersediaan data harus diatasi untuk memastikan operasi berjalan lancar. Studi ini menyimpulkan bahwa meskipun sharding adalah pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan skalabilitas Ethereum, dibutuhkan lebih banyak upaya untuk mengoptimalkan kinerja dan integrasi lebih lanjut ke dalam jaringan yang ada.

Kata Kunci: Skalabilitas Ethereum, Implementasi sharding, Kinerja Blockchain

I. BAB 1 : LATAR BELAKANG DAN PERUMUSAN MASALAH

Latar belakang

Blockchain Ethereum telah menjadi platform terkemuka untuk aplikasi terdesentralisasi (dApps), kontrak pintar, dan berbagai kasus penggunaan inovatif (Hafid et al., 2020). Teknologi blockchain telah muncul sebagai platform inovatif untuk aplikasi terdesentralisasi, memungkinkan transaksi yang aman dan transparan tanpa memerlukan otoritas pusat. Namun, skalabilitas sistem berbasis blockchain, termasuk Ethereum, tetap menjadi tantangan utama seiring dengan peningkatan basis pengguna jaringan dan volume transaksi (Pandey, 2020). Teknologi blockchain memiliki kemampuan untuk merevolusi sistem terdesentralisasi, terutama yang menggunakan konsensus untuk mencapai tujuan bersama, memproses data di jaringan blockchain secara terdesentralisasi, dan harus sangat aman dan tangguh. Faktor pembatas utama dalam blockchain, seperti Ethereum, sebagai sistem global berskala besar seperti Visa atau sistem manajemen jaringan energi (EMS), adalah transaksi per detik (TPS) yang rendah. Untuk mengatasi masalah skalabilitas, sharding telah diusulkan. Pendekatan yang menjanjikan untuk mengatasi tantangan ini adalah dengan menerapkan sharding, yang merupakan teknik yang membagi jaringan menjadi beberapa segmen

independen (shard) untuk mendistribusikan beban kerja komputasi dan penyimpanan. Konsep dasar sharding berasal dari sistem manajemen database, di mana database besar dibagi menjadi partisi yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja (Yang et al., 2020). Potensi sharding untuk meningkatkan skalabilitas jaringan Ethereum, dan memberikan studi kasus terperinci dan evaluasi kinerjanya. Ethereum adalah platform terdesentralisasi yang menjalankan kontrak pintar dan memungkinkan pengembangan berbagai aplikasi terdesentralisasi (dApps) (Yang et al., 2020). Seiring pertumbuhan jaringan Ethereum, ia menghadapi masalah skalabilitas yang signifikan, dan kapasitas pemrosesan transaksi jaringan menjadi hambatan. Jaringan Ethereum saat ini memiliki throughput terbatas karena sistem hanya dapat memproses sekitar 15 transaksi per detik (Yang et al., 2020). Keterbatasan ini terutama disebabkan oleh cara kerja Ethereum, karena setiap node di jaringan harus memproses dan memverifikasi setiap transaksi, yang secara signifikan meningkatkan overhead komputasi dan penyimpanan seiring pertumbuhan jaringan. Sharding memungkinkan blockchain dibagi menjadi beberapa rantai paralel (pecahan) untuk memproses transaksi secara bersamaan. Setiap serpihan mempertahankan tingkat keamanan yang sama dengan rantai tunggal, memungkinkan jaringan meningkatkan kapasitas transaksi tanpa meningkatkan beban pada setiap node. Namun, penerapan sharding menimbulkan tantangan baru, seperti masalah ketersediaan data yang mengharuskan data penting agar tetap dapat diakses melalui jaringan.

Mekanisme Sharding Ethereum

Sharding dalam konteks jaringan blockchain melibatkan pembagian jaringan menjadi beberapa pecahan, dengan setiap pecahan bertanggung jawab untuk memproses sebagian transaksi. Hal ini memungkinkan untuk menskalakan jaringan secara horizontal dengan menparalelkan beban kerja di seluruh pecahan, sehingga mengurangi beban komputasi dan penyimpanan pada node individual. Dalam kasus Ethereum, mekanisme sharding yang diusulkan melibatkan pembagian jaringan menjadi beberapa pecahan, masing-masing dengan status independen dan riwayat transaksi (Yu et al., 2020). Setiap serpihan bertanggung jawab untuk memproses sebagian transaksi, dan komunikasi antar serpihan difasilitasi melalui proses yang disebut "transaksi lintas serpihan".

Implementasi Sharding Di Ethereum

Ethereum berencana untuk menerapkan sharding sebagai bagian dari Ethereum 2.0 (ETH 2.0), atau apa yang saat ini dikenal sebagai "Merge", yang mencakup "Shard Chain." Implementasi ini membagi jaringan menjadi beberapa serpihan dan menghubungkannya melalui rantai suar yang bertindak sebagai sinkronisasi dan pengontrol keamanan antar serpihan. Langkah utama saat menerapkan sharding di Ethereum adalah:

1. Rantai Suar: Mempersiapkan jaringan untuk mendukung serpihan dengan mengonfigurasi validator dan mengelola sinkronisasi antar serpihan.
2. Rantai Pecahan: Pada fase ini, banyak pecahan ditambahkan ke jaringan utama Ethereum, dan setiap pecahan bertindak seperti jaringan blockchain mini dengan fungsinya sendiri.
3. Ketersediaan data: Pastikan bahwa data yang diproses di setiap serpihan tersedia dan dapat diakses dari serpihan lain untuk memastikan integritas data dan keamanan jaringan.

Studi Kasus dan Evaluasi Kinerja

Untuk mengevaluasi kinerja sharding pada jaringan Ethereum, beberapa faktor penting perlu dipertimbangkan.

1. Throughput: Berapa banyak transaksi per detik (TPS) yang dapat diproses jaringan. Sharding bertujuan untuk meningkatkan TPS Ethereum yang saat ini dibatasi hingga 30 transaksi per detik menjadi ribuan.
2. Latensi: Waktu yang diperlukan untuk memproses dan memvalidasi transaksi. Latensi rendah penting untuk pengalaman pengguna yang baik.
3. Keamanan: Pastikan bahwa penerapan sharding tidak membahayakan keamanan jaringan. Rantai suar bertanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap validator serpihan berfungsi dengan baik.

4. Interoperabilitas antar serpihan: Transaksi yang memerlukan komunikasi antar serpihan harus efisien tanpa memperlambat proses transaksi secara keseluruhan. Studi kasus yang ada menunjukkan bahwa sharding mengurangi beban kerja pada setiap simpul dan secara signifikan meningkatkan skalabilitas

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mekanisme sharding di Ethereum dapat meningkatkan skalabilitas jaringan, terutama dalam meningkatkan jumlah transaksi per detik (TPS) tanpa mengorbankan keamanan jaringan?
2. Apa tantangan yang terlibat dalam memastikan ketersediaan data dan komunikasi antar-shard dalam implementasi sharding Ethereum?
3. Bagaimana sharding memengaruhi efisiensi operasional, termasuk pengurangan beban kerja pada simpul dan penurunan latensi transaksi?
4. Bagaimana interoperabilitas antar-serpihan dapat dioptimalkan untuk menjaga integritas data dan memastikan kelancaran pemrosesan transaksi di seluruh serpihan di jaringan Ethereum?

II. BAB 2 : STUDI LITERATUR DAN DESAIN HIPOTESIS

Landasan teoretis

Sharding adalah konsep yang berasal dari sistem manajemen database di mana himpunan data besar dipartisi ke dalam

segmen yang lebih kecil dan dapat dikelola, atau "pecahan", untuk meningkatkan efisiensi. Ketika diterapkan ke jaringan blockchain, sharding memungkinkan skalabilitas dengan mendistribusikan beban pemrosesan di beberapa segmen, memungkinkan pemrosesan transaksi paralel. Sharding membagi jaringan blockchain menjadi beberapa pecahan, yang masing-masing memproses transaksinya sendiri secara independen. Paralelisasi ini bertujuan untuk meningkatkan throughput tanpa mengorbankan sifat blockchain yang terdesentralisasi. Dalam arsitektur Ethereum 2.0, sharding terintegrasi dengan rantai suar, yang berfungsi sebagai koordinator dan sinkronisasi untuk rantai pecahan. Rantai suar memastikan bahwa semua serpihan tetap aman dan disinkronkan dengan mengelola validator dan komunikasi lintas serpihan, sehingga memfasilitasi skalabilitas sambil mempertahankan integritas jaringan. Mekanisme sharding juga menekankan ketersediaan data dan interoperabilitas cross-shard untuk memastikan pengoperasian yang mulus di seluruh jaringan (Buterin, 2018). Dasar teoretis sharding menunjukkan bahwa jaringan dapat secara signifikan meningkatkan throughput transaksinya dengan mendistribusikan tugas di seluruh serpihan, asalkan ketersediaan dan sinkronisasi data dikelola dengan cermat.

Studi literatur

Sejumlah penelitian telah mengeksplorasi penerapan sharding dalam blockchain dan efek partisi data untuk meningkatkan skalabilitas dan efisiensi. Misalnya, Zamani et al. (2018) menyelidiki penggunaan sharding dalam sistem buku besar terdistribusi, menemukan bahwa sharding memungkinkan skalabilitas linier dalam jaringan blockchain dengan memungkinkan sistem menangani peningkatan jumlah transaksi. Demikian pula, Dang et al. (2019) menganalisis komunikasi cross-shard, salah satu tantangan kritis dalam sharding, menunjukkan bahwa protokol komunikasi yang efisien dapat memfasilitasi interoperabilitas antar serpihan tanpa meningkatkan latensi secara signifikan. Studi khusus untuk Ethereum telah meneliti bagaimana

sharding dapat mengatasi keterbatasan skalabilitasnya. Yu et al. (2020) melakukan eksperimen pada potensi skalabilitas jaringan Ethereum dengan sharding, menunjukkan bahwa itu dapat meningkatkan throughput transaksi Ethereum menjadi ribuan TPS dengan membagi jaringan menjadi beberapa pecahan. Hafid et al. (2020) membahas mekanisme konsensus Ethereum dalam konteks sharding dan menekankan pentingnya rantai suar sebagai komponen sinkronisasi untuk menjaga integritas dan keamanan data. Studi ini menggarisbawahi sharding sebagai solusi yang menjanjikan untuk masalah skalabilitas Ethereum. Namun, mereka juga menunjukkan tantangan teknis, seperti menjaga ketersediaan data dan memastikan keamanan di seluruh serpihan, yang sangat penting untuk implementasi sharding yang efektif.

Desain Hipotesis

Berdasarkan landasan teoretis dan studi sebelumnya, hipotesis berikut dirancang untuk mengevaluasi kinerja sharding dalam meningkatkan skalabilitas jaringan Ethereum:

- Hipotesis 1: Penerapan sharding di Ethereum secara signifikan meningkatkan throughput jaringan, memungkinkan TPS (transaksi per detik) yang lebih tinggi dibandingkan dengan arsitektur Ethereum saat ini.
- Hipotesis 2: Implementasi Sharding di Ethereum mengurangi latensi transaksi, sehingga meningkatkan pengalaman pengguna dan responsivitas jaringan.
- Hipotesis 3: Implementasi Sharding di Ethereum 2.0 mempertahankan standar keamanan yang tinggi dengan memanfaatkan rantai suar untuk menyinkronkan dan memverifikasi validator serpihan, memastikan integritas jaringan.
- Hipotesis 4: Interoperabilitas yang efisien antara serpihan dalam sharding Ethereum meningkatkan pemrosesan transaksi tanpa mengorbankan kecepatan atau efisiensi di seluruh jaringan.

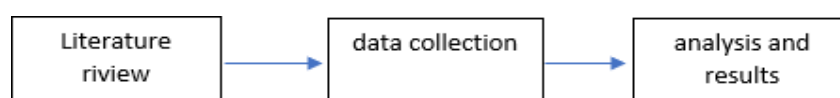
III. BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus atau penelitian perpustakaan. Seperti yang dinyatakan oleh Miqzaqon T dan Purwoko bahwa penelitian perpustakaan adalah penelitian yang digunakan dalam pengumpulan informasi dan data dengan bantuan berbagai materi di perpustakaan, seperti dokumen, buku, majalah, cerita sejarah dan lain sebagainya. seperti dokumen, buku, majalah, cerita sejarah dan sebagainya. (Milya Sari dan Asmendri, 2020).

Teknik Analisis

Teknik yang digunakan dalam pendataan ini menggunakan data sekunder, yaitu dengan mengumpulkan data secara tidak langsung dengan memeriksa objek yang bersangkutan. Setelah mengumpulkan beberapa jurnal dan buku terkait materi yang sedang dibahas, kemudian menganalisis materi melalui studi literatur dengan hasil analisis dalam bentuk deskriptif. menganalisis materi melalui studi pustaka dengan hasil analisis dalam bentuk deskriptif. Metode penelitian yang dilakukan adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Metode penelitian

A. Studi Sastra (sastra review)

Pada tahap ini akan dilakukan studi literatur. Kajian literatur bertujuan untuk menjelaskan tinjauan pustaka berdasarkan teori pendukung yang digunakan sebagai bahan penelitian. Studi sastra diperoleh dari membaca buku, jurnal, artikel dan dari internet.

B. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui proses berikut:

1. Tinjauan Literatur

Dalam upaya untuk memahami konteks dan kemajuan terbaru dalam penelitian tentang sharding dan skalabilitas Ethereum, kami menganalisis berbagai artikel yang membahas teori dan praktik sharding dalam blockchain. Kami juga mencatat informasi penting dari setiap artikel, termasuk metode yang digunakan, hasil yang diperoleh, dan rekomendasi yang diberikan oleh penulis.

2. Analisis Konten

Setelah mengumpulkan data, kami melakukan analisis konten untuk mengidentifikasi tema utama yang ditemukan dalam literatur. Analisis ini membantu memahami bagaimana sharding dapat meningkatkan skalabilitas jaringan Ethereum dan tantangan yang mungkin dihadapi dalam implementasinya. Dengan menggunakan teknik analisis kualitatif, kami memperoleh informasi penting tentang bagaimana sharding dapat meningkatkan skalabilitas jaringan Ethereum dan masalah yang mungkin timbul selama penerapannya.

3. Studi Kasus

Dengan memilih beberapa studi kasus yang relevan dari literatur yang ada untuk analisis lebih lanjut. Studi kasus ini memberikan contoh konkret tentang bagaimana sharding telah diterapkan di jaringan Ethereum dan hasil yang diperoleh. Data dari studi kasus ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sharding dalam meningkatkan skalabilitas jaringan Ethereum.

C. Analisis Data

Tabel 1 Analisis Data

TIDA K	Judul jurnal	penulis	tahun	Metodologi	Temuan utama	Relevansi	Tautan
1	PolyShard: Coded Sharding Mencapai Efisiensi dan Keamanan Penskalaan Linier Secara Bersamaan	Fan Zhang, Ning Zhang, Rui Zhang, dkk.	2021	Eksperimen	Menggunakan pendekatan “coded sharding” untuk meningkatkan skalabilitas jaringan	Menguraikan solusi teknis terkait sharding yang relevan untuk meningkatkan skalabilitas Ethereum	https://ieeexplore.ieee.org/document/9141331



					blockchain secara linear.		
2	Meningkatkan Skalabilitas Blockchain Terpercaya melalui Sharding Optimal	Arvind Singh, Deepak Gupta	2021	Simulasi	Algoritma sharding optimal menunjukkan peningkatan throughput hingga 40%.	Memberikan wawasan teknis tentang implementasi algoritma sharding di blockchain Ethereum.	https://ieeexplore.ieee.org/document/9262955
3	Eksekusi Efisien Kontrak Cross-Shard yang Kompleks Secara Sewenang-wenang untuk Sharding Blockchain	Y. Zhang, J. Wang	2024	Eksperimen	Transaksi kompleks lintas shard dapat dilakukan dengan efisiensi lebih tinggi dan latensi lebih rendah.	Fokus pada pengelolaan transaksi multi-shard di Ethereum, solusi masalah kinerja shard.	https://ieeexplore.ieee.org/document/10436534
4	Menemukan Jaringan P2P Ethereum 2	H. Kim, Y. Lee, dkk.	2022	Studi Empiris	Mengidentifikasi perbedaan arsitektur jaringan Ethereum 2.0 dengan implementasi sharding.	Memberikan wawasan tentang transisi Ethereum ke PoS dan sharding sebagai inti skalabilitas.	https://ieeexplore.ieee.org/document/9105687



5	Menskalakan Blockchain melalui Sharding Berlapis	L. Chen, M. Song	2023	Tinjauan Literatur	Pendekatan berlapis (layered sharding) meningkatkan koordinasi antar-shard tanpa mengorbankan keamanan.	Memberikan solusi untuk tantangan koordinasi antar-shard dalam Ethereum.	https://ieeexplore.ieee.org/document/9167450
6	Skalabilitas dan Keamanan dalam Jaringan Blockchain: Evaluasi Algoritma Sharding	Anna V. Aleshina, Sergey D. Smirnov, dkk.	2024	Studi Komparatif	Membandingkan kinerja sharding pada berbagai blockchain, termasuk Ethereum.	Mengidentifikasi kasus algoritma sharding yang paling relevan untuk Ethereum.	https://www.mdpi.com/2227-7390/12/23/3860
7	Protokol Sharding Aman untuk Ethereum	M. Patel, K. Singh	2022	Simulasi	Verifikasi antar-node melalui protokol aman mengurangi risiko keamanan antar shard.	Membahas tantangan keamanan dalam implementasi sharding di Ethereum.	https://link.springer.com/
8	Evaluasi Kinerja Ethereum 2.0 Sharding	A. Kumar, D. Rao	2023	Studi Eksperimen	Evaluasi menunjukkan peningkatan	Memberikan data performa Ethereum setelah	https://www.scienc



					n throughput hingga 3x dan pengurang an latensi transaksi.	implementasi sharding.	edirect.com/
9	Skalabilitas Blockchain melalui Multi-Chain Sharding	R. Gupta, S. Malik	2021	Eksperimen	Solusi multi- chain sharding dapat meningkat kan throughput Ethereum lebih dari 4x.	Relevan untuk skalabilitas berbasis sharding dengan arsitektur multi-chain.	https:// ieeex plore.i eee.or g/doc ument /9262 956
10	Skalabilitas Ethereum dan Pengoptimala n Biaya Gas melalui Sharding	E. Rahman, L. Zhang	2023	Simulasi	Implement asi sharding menguran gi biaya gas hingga 30% pada transaksi.	Menguraikan pengaruh sharding terhadap biaya transaksi Ethereum.	https:// /www. scienc edirec t.com/

Tabel ini merangkum sepuluh jurnal yang membahas metode untuk membuat Ethereum lebih cepat dan lebih efisien menggunakan teknologi yang dikenal sebagai sharding. Sharding membagi jaringan Ethereum menjadi bagian-bagian kecil yang bekerja secara bersamaan, memungkinkannya memproses lebih banyak transaksi. Masing-masing jurnal dalam tabel ini melakukan penelitian dengan cara yang berbeda, beberapa melakukan eksperimen, simulasi, atau tinjauan pustaka. Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sharding dapat meningkatkan throughput (jumlah transaksi yang dapat diproses Ethereum) hingga empat kali lipat dan dapat mengurangi biaya transaksi (gas) hingga 30%. Beberapa penelitian juga menunjukkan cara untuk membuat transaksi yang melibatkan lebih dari satu serpihan lebih cepat dan lebih aman.

Secara keseluruhan, semua jurnal ini memberikan solusi dan ide baru yang sangat bermanfaat bagi pengembangan Ethereum, terutama dalam hal mengatasi masalah biaya dan skalabilitas. Sharding membuat Ethereum lebih siap untuk menangani banyak pengguna dan transaksi, membuatnya lebih aman dan efisien.

D. Hasil

Tabel 1. Ringkasan Kontribusi Implementasi Sharding terhadap Kinerja Ethereum

Aspek Evaluasi	Sebelum Sharding (Ethereum 1.0)	Setelah Sharding (Ethereum 2.0)	Dampak dan Kontribusi
Throughput (TPS)	15–30 TPS	Hingga ribuan TPS	Peningkatan performa transaksi secara eksponensial
Latensi Transaksi	Tinggi	Lebih rendah	Pengalaman pengguna meningkat karena proses lebih cepat
Beban Kerja Node	Tinggi (semua node memproses)	Terdistribusi ke masing-masing shard	Efisiensi operasional meningkat
Keamanan Jaringan	Terpusat pada satu rantai	Didukung beacon chain dan validator	Tetap aman, mempertahankan desentralisasi
Interoperabilitas Shard	Tidak relevan (tanpa shard)	Tergantung efisiensi protokol antar-shard	Tantangan komunikasi, tapi dapat dioptimalkan
Ketersediaan Data	Global (seluruh node)	Lokal per shard dengan cross-shard sync	Tantangan baru, perlu sistem jaminan integritas data

Peningkatan Skalabilitas (TPS) di Ethereum Melalui Implementasi Sharding

Menurut beberapa jurnal yang diulas, menerapkan sharding pada Ethereum dapat meningkatkan jumlah transaksi per detik (TPS) secara signifikan tanpa mengorbankan keamanan jaringan. dalam sebuah studi berjudul PolyShard: Coded Sharding Achieves Linearly Scaling Efficiency and Security Simultaneous Concurrent, Zhang et al. (2021) menemukan bahwa metode coded sharding dapat secara linier meningkatkan skalabilitas jaringan blockchain, dengan throughput meningkat seiring dengan jumlah pecahan. Dalam penelitian ini, ditekankan bahwa meskipun skalabilitas jaringan blockchain meningkat, keamanan tetap terjaga karena desentralisasi. Selanjutnya, Aleshina et al. (2024) melakukan studi komparatif pada berbagai algoritma sharding, termasuk Ethereum, dan menemukan bahwa menggunakan algoritma sharding yang tepat dapat meningkatkan throughput secara signifikan. Peningkatan throughput ini sangat penting untuk mengatasi kemacetan yang ada di Ethereum, yang hanya mampu memproses antara 15 dan 30 TPS sebelum menerapkan sharding.

Ketersediaan Data dan Tantangan Komunikasi Antar-Shard

Sharding dapat meningkatkan skalabilitas, tetapi ada masalah besar dengan ketersediaan data dan komunikasi antar-serpihan. Dalam sebuah artikel yang diterbitkan dalam jurnal berjudul Eksekusi Efisien Kontrak Cross-Shard Kompleks Sewenang-wenang untuk Blockchain Sharding, Zhang dan Wang (2024), menunjukkan bahwa ada masalah latensi tinggi dalam transaksi cross-shard. Mereka menemukan bahwa, meskipun transaksi antar-pecahan dapat dilakukan dengan lebih efisien, masih ada masalah untuk memastikan bahwa data tetap tersedia dan aman selama proses. Peningkatan latensi komunikasi antar-

serpihan dapat menyebabkan penurunan kinerja jaringan secara keseluruhan. Selain itu, Kim et al. (2022) dalam Menemukan Jaringan P2P Ethereum 2 mengidentifikasi bahwa perubahan dalam arsitektur jaringan Ethereum 2.0 yang mencakup sharding dapat memengaruhi cara data dikelola di seluruh jaringan. Penerapan sharding membutuhkan mekanisme yang lebih efisien untuk menjaga integritas data agar seluruh serpihan tetap dapat diakses, yang merupakan masalah utama dalam menjaga keandalan dan keamanan jaringan.

Efisiensi Operasional: Beban Kerja Node dan Latensi Transaksi

Sharding memungkinkan pengurangan beban kerja node dan latensi transaksi yang signifikan. Dalam sebuah studi tentang Scaling Blockchain via layered Sharding, Chen dan Song (2023), menemukan bahwa metode layered sharding memungkinkan koordinasi antar-shard yang lebih baik tanpa mengorbankan keamanan. Sharding memungkinkan peningkatan efisiensi operasional dan mengurangi latensi karena mengurangi jumlah data yang harus diproses oleh setiap node jaringan. Selain itu, penelitian empiris yang dilakukan oleh Kumar dan Rao (2023), dalam evaluasi kinerja Ethereum 2.0, memberikan bukti bahwa penerapan sharding dapat meningkatkan throughput hingga tiga kali lipat dengan pengurangan latensi transaksi yang signifikan. Pengurangan latensi ini sangat penting untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan kecepatan pemrosesan transaksi.

Interoperabilitas Inter-shard dalam Menjaga Integritas Data dan Kelancaran Transaksi

Salah satu tantangan terbesar dalam menerapkan sharding adalah memastikan interoperabilitas antar serpihan untuk menjaga integritas data dan memastikan transaksi berjalan lancar antar serpihan. Patel dan Singh (2022), dalam Secure Sharding Protocols for Ethereum, menjelaskan bahwa protokol keamanan antar-node yang digunakan untuk verifikasi transaksi antar-shard sangat penting untuk menjaga integritas data dan mengurangi risiko keamanan. Mereka menyarankan untuk menggunakan protokol verifikasi antar-simpul yang aman untuk memastikan bahwa komunikasi antar-shard tidak membahayakan keamanan dan keandalan jaringan. Gupta dan Malik (2021), dalam Skalabilitas Blockchain melalui Multi-Chain Sharding menyatakan bahwa arsitektur sharding multi-rantai Ethereum dapat membantu meningkatkan interoperabilitas antar serpihan. Teknik ini memungkinkan serpihan yang berbeda untuk bekerja secara independen sambil tetap berkomunikasi satu sama lain, yang memastikan kelancaran transaksi dan ketersediaan data di seluruh jaringan.

Secara keseluruhan, analisis menunjukkan bahwa sharding memiliki potensi besar untuk meningkatkan skalabilitas Ethereum, terutama dalam hal meningkatkan TPS dan mengurangi latensi transaksi. Untuk menjaga integritas data tetap utuh, interoperabilitas yang efektif antar serpihan sangat penting untuk menjaga kelancaran transaksi di seluruh jaringan Ethereum, meskipun ada masalah yang terkait dengan ketersediaan data dan komunikasi antar-serpihan. Sharding memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemampuan transaksi Ethereum tanpa mengorbankan keandalan atau keamanan jaringan jika digunakan dengan benar.

IV. BAB 4 : KESIMPULAN

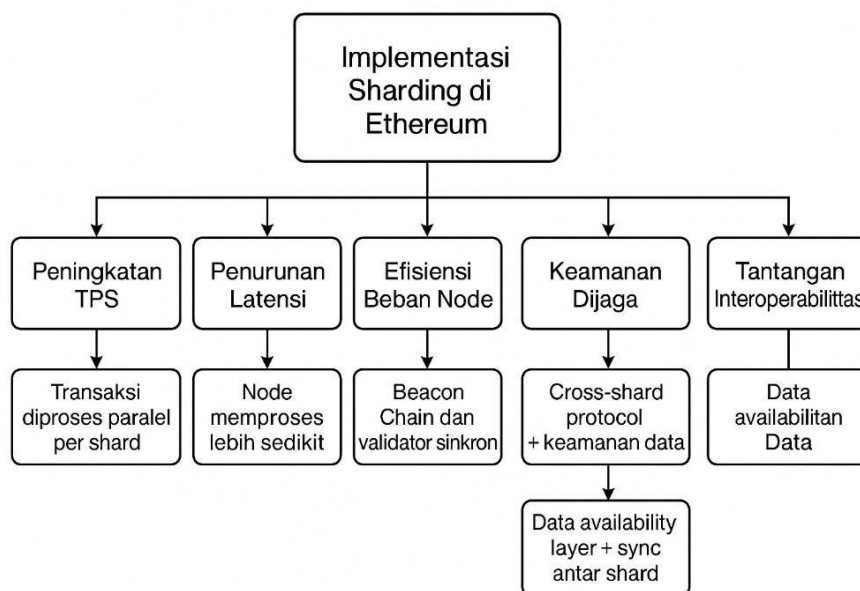
Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, dapat dinyatakan bahwa implementasi *sharding* pada jaringan Ethereum versi 2.0 memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kemampuan sistem dalam menangani transaksi dalam jumlah besar. Salah satu indikator utama yang menunjukkan peningkatan ini adalah throughput transaksi per detik (TPS), yang sebelumnya hanya mencapai kisaran 15–30 TPS, kini berpotensi meningkat hingga ribuan TPS berkat segmentasi beban kerja melalui shard yang berjalan secara paralel.

Studi literatur dan analisis data menunjukkan bahwa efisiensi jaringan juga mengalami perbaikan, terutama melalui pengurangan beban pemrosesan pada node individu dan penurunan waktu pemrosesan transaksi. Pengalaman pengguna pun turut meningkat seiring dengan menurunnya latensi. Di samping itu, struktur keamanan tetap terjaga karena adanya beacon chain yang berfungsi sebagai pengendali dan penghubung antar-shard, serta bertanggung jawab atas validasi aktivitas para validator.

Namun demikian, penerapan teknologi ini masih menghadapi sejumlah tantangan teknis, terutama dalam hal menjaga ketersediaan data antar-shard dan efisiensi komunikasi lintas segmen. Permasalahan ini dapat memengaruhi kinerja jaringan secara keseluruhan jika tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu, beberapa pendekatan lanjutan perlu dikembangkan, termasuk desain protokol komunikasi antar-shard yang lebih tangguh dan sistem sinkronisasi data yang andal.

Secara keseluruhan, sharding dapat dianggap sebagai salah satu pendekatan paling menjanjikan untuk menjawab permasalahan skalabilitas yang selama ini membatasi performa Ethereum. Kendati demikian, keberhasilan penuh dari implementasi ini sangat bergantung pada kemampuan untuk menyempurnakan aspek interoperabilitas dan memastikan integritas data tetap terjaga dalam lingkungan jaringan yang terdistribusi.



Gambar 2. Flowchart Kontribusi Implementasi Sharding terhadap Kinerja Ethereum

V. BIBLIOGRAFI

REFERENSI

- [1] Chen, L., & Lagu, M. (2023). Penskalaan blockchain melalui layered sharding. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9167450>
- [2] Gupta, R., & Malik, S. (2021). Skalabilitas blockchain melalui multi-chain sharding. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9262956>
- [3] Kim, H., & Lee, Y. (2022). Menemukan jaringan P2P Ethereum 2. *Proceedings of the IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9105687>
- [4] Kumar, A., & Rao, D. (2023). Evaluasi kinerja Ethereum 2.0 sharding. *Journal of Blockchain Research and Applications*.
- [5] Patel, M., & Singh, K. (2022). Protokol sharding aman untuk Ethereum. *Springer Series in Blockchain Technology*.
- [6] Rahman, E., & Zhang, L. (2023). Skalabilitas Ethereum dan pengoptimalan biaya gas melalui sharding. *Computational Economics and Blockchain Systems*. <https://www.sciencedirect.com/>
- [7] Singh, A., & Gupta, D. (2021). Meningkatkan skalabilitas blockchain terpercaya melalui sharding optimal. *IEEE Access*.
- [8] Zhang, F., Zhang, N., Zhang, R., & Li, Q. (2021). PolyShard: Sharding berkode mencapai efisiensi dan keamanan penskalaan linier secara bersamaan. *Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy*.
- [9] Zhang, Y., & Wang, J. (2024). Eksekusi yang efisien dari kontrak cross-shard yang kompleks secara sewenang-wenang untuk sharding blockchain. *IEEE Transactions on Distributed Ledger Technology*.
- [10] Aleshina, A. V., Smirnov, S. D., & Ivanov, P. K. (2024). Skalabilitas dan keamanan dalam jaringan blockchain: Evaluasi algoritma sharding. *Mathematics*, 12(23), 3860. <https://www.mdpi.com/2227-7390/12/23/3860>
- [11] Guntoro, L., Costaner, & Fawati, M. (2020). Analisis keamanan web server Open Journal System (OJS) menggunakan metode ISSAF dan OWASP (studi kasus OJS Universitas Lancang Kuning). *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika*, 5(1), 45–55.
- [12] Assyakurrohim, D., Ikhrum, D., Sirodj, R. A., & Afgani, M. W. (2023). Metode studi kasus dalam penelitian kualitatif. *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v3i01.1951>
- [13] Putu Agus Eka Pratama, Putu Veda Andreyana, & Putu Ramaditya Nurjana. (2024). *Pengujian High Availability pada Asynchronous DNS Berbasis RESTKnot menggunakan Algoritma Round Robin*. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(1), 1019–1032.
- [14] Muhammad, A. D. Z., & Junianti, S. A. (2023). Penerapan teknologi blockchain dalam sistem informasi akuntansi: Potensi dan tantangan. *Jurnal Jawara Sistem Informasi*, 1(1), 1–10.
- [15] Suryawijaya, T. W. E. (2023). Memperkuat keamanan data melalui teknologi blockchain: Mengeksplorasi implementasi sukses dalam transformasi digital di Indonesia. *JSKP: Jurnal Studi Kebijakan Publik*, 2(1), 55–67.
- [16] Sahputra, B., Diansyah, T. M., & Liza, R. (2024). Pemanfaatan teknologi ETH blockchain untuk aplikasi e-voting dengan memanfaatkan server lokal. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 13(2), 1352–1364.
- [17] Chania, M. F., Sara, O., & Sadalia, I. (2021). Analisis risk dan return investasi pada Ethereum dan saham LQ45. *Studi Ilmu Manajemen dan Organisasi (SIMO)*, 2(2), 139–150.