

Analisis Keamanan Jaringan Smart Grid PLN Menggunakan Metode Blockchain dalam Konteks Kemananan Cyber

*PLN Smart Grid Network Security Analysis Using Blockchain Methods in the Context of
Cyber Security*

Ahmad Affandi Rasyad Nasution^{*1}, Muhammad Siddik Hasibuan²
^{1,2}Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-mail: ¹affandiahmad259@gmail.com, ²muhammadsiddik@uinsu.ac.id

Abstrak

Diperlukan suatu sistem yang dapat membantu dalam menentukan penggunaan energi listrik secara real time. Sistem yang akan dibuat mempunyai landasan *smart grid blockchain* dengan *security cyber* dan menampilkan antarmuka penggunaannya pada platform web. Penerapan Teknologi Blockchain pada Sistem Keamanan Informasi menggunakan metodologi kualitatif, menganalisis dan meneliti berbagai sumber literatur terkait blockchain dan sistem keamanan informasi. Pendekatan ini akan mendukung pemahaman dan penilaian integrasi teknologi blockchain dengan sistem keamanan informasi. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah. Jaringan pintar (smart grid) memiliki ketahanan terhadap bencana alam dan serangan. Smart Grid tidak hanya tahan terhadap serangan fisik, namun juga tahan terhadap serangan siber. Sebagian besar kemajuan ekonomi berasal dari sistem yang kompleks seperti jaringan pintar (smart grid). Pengguna panel surya, misalnya, mungkin membebani jaringan listrik dengan lonjakan listrik dari sumber-sumber ini. Penerapan teknologi blockchain pada sistem keamanan informasi menawarkan sejumlah keuntungan signifikan, termasuk solusi keamanan informasi yang kuat, penyimpanan data yang andal, jaminan integritas data, anonimitas pengguna, dan transparansi dalam data dan transaksi. Penting untuk membicarakan bagaimana teknologi blockchain dapat diterapkan untuk meningkatkan privasi pengguna dan sistem keamanan informasi.

Kata kunci: jaringan smart grid, energi listrik, blockchaine, keamanan cyber.

Abstract

A system is needed that can help determine the use of electrical energy in real time. The system that will be created has a blockchain smart grid foundation with cyber security and displays its user interface on a web platform. This approach will support the understanding and assessment of the integration of blockchain technology with information security systems. The results obtained in this research are. Smart networks (smart grids) are resilient to natural disasters and attacks. Smart Grid is not only resistant to physical attacks, but also resistant to cyber attacks. Most economic progress comes from complex systems such as smart grids. Solar panel users, for example, may overload the power grid with power surges from these sources. The application of blockchain technology to information security systems offers a number of significant advantages, including robust information security solutions, reliable data storage, guaranteed data integrity, user anonymity, and transparency in data and transactions. It is important to discuss how blockchain technology can be applied to improve user privacy and information security systems.

Keywords: smart grid network, electrical energy, blockchaine, cyber security.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, listrik tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Hampir setiap tugas yang dilakukan manusia sehari-hari melibatkan penggunaan gadget bertenaga listrik. Sudah menjadi rahasia umum bahwa penggunaan energi listrik terus meningkat dari waktu ke waktu. Tidak dapat dipungkiri bahwa sejumlah besar energi listrik hilang dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa faktor penyebab tidak efisiennya penggunaan energi listrik antara lain penggunaan terlalu banyak jenis peralatan listrik yang berbeda sekaligus dan tidak mematikan peralatan listrik yang sudah tidak digunakan [1].

Pencapaian efisiensi dan keberlanjutan dalam industri energi memerlukan optimalisasi jaringan energi listrik. Dalam konteks ini, sejumlah inisiatif dan taktik telah diterapkan untuk meningkatkan fungsi jaringan energi listrik, termasuk analisis data, kerja sama lintas sektor, teknologi pintar, pemanfaatan sumber energi, peningkatan efisiensi distribusi, pemantauan dan pengelolaan konsumsi energi, dan penggunaan sumber energi terbarukan. Mengurangi kehilangan energi saat transit, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan meningkatkan pasokan energi yang dapat diandalkan merupakan hasil yang mungkin dicapai dari peningkatan efisiensi jaringan energi listrik. Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil memerlukan integrasi sumber energi terbarukan dan penyimpanan energi yang efektif [2].

Indonesia telah menerapkan peraturan yang bertujuan untuk mencapai bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan bauran energi terbarukan sebesar 31% pada tahun 2050, sesuai dengan Kebijakan Energi Nasional (PP No. 17 Tahun 2014). Dengan output puncak sebesar 207 GW, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menjadi salah satu sumber energi terbarukan. Selain itu, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral telah menerbitkan Peraturan Nomor 49 Tahun 2018 yang memberikan kompensasi pengurangan tagihan listrik kepada pelanggan PLN yang membangun PLTS Atap sebesar 65% dari listrik yang diekspor [3].

Teknologi masa depan seperti *blockchain* mempunyai potensi untuk mengubah secara drastis cara pemasaran listrik dan cara konsumen beroperasi. Ketika dipadukan dengan kontrak pintar, teknologi blockchain menawarkan sistem yang transparan, aman, dan tidak dapat ditembus sehingga dapat membuka peluang bisnis baru. Karakteristik ini menjadikan blockchain sebagai alat yang berpotensi berguna untuk mengelola dan mengendalikan jaringan dan pasar listrik yang semakin kompleks dan terdesentralisasi di masa depan. Hal ini akan memungkinkan integrasi Sumber Energi Terbarukan (RES) berskala besar dan berbiaya rendah dengan cara yang menguntungkan, efisien, dan efektif bagi semua pelaku pasar [4].

Setiap peralatan yang digunakan di rumah seringkali langsung terhubung dengan Kwh Meter. Oleh karena itu, jika mengonsumsi lebih banyak daya daripada yang mampu ditanggung oleh rumah, maka akan mengalami kelebihan penggunaan listrik dan listrik akan padam. Jika sering mengalami kelebihan beban listrik, perangkat elektronik akan rusak dan biaya Anda akan meningkat sehingga menyebabkan peningkatan pengeluaran keluarga. Tidak adanya sistem pemantauan untuk melacak penggunaan listrik keluarga, hal ini dapat mengakibatkan tagihan listrik menjadi sangat tinggi atau melonjak ketika gadget digunakan di rumah. Jika digunakan sembarangan, barang elektronik rumah tangga bisa menimbulkan bahaya kerugian materi. Selain itu, dengan memanfaatkan teknologi yang sudah mudah diakses, dapat tercipta suatu sistem pemantauan konsumsi daya listrik [5].

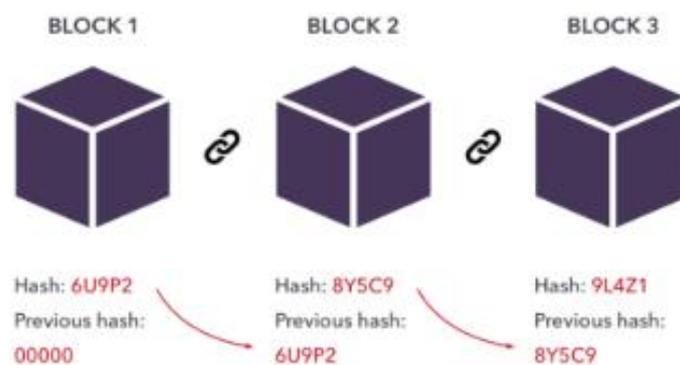
Perkembangan teknologi digital dan internet menghadirkan peluang dan ancaman yang besar baik dari segi sosial, politik, dan ekonomi. Ancaman tersebut antara lain provokasi politik, hoaks, SARA, ujaran kebencian, ideologi radikalisme, terorisme, peretasan, pencurian data, penipuan online, dan kejahatan siber lainnya. Indonesia memiliki pertumbuhan pengguna

internet terbesar keempat secara global. Untuk menjaga keamanan dunia maya, hal-hal tersebut perlu diwaspadai, dihindari, dan ditangani [6]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat membantu dalam menentukan penggunaan energi listrik secara real time. Sistem yang akan dibuat mempunyai landasan *smart grid blockchain* dengan *security cyber* dan menampilkan antarmuka penggunaannya pada platform web. Perangkat ini dapat secara otomatis melacak dan menganalisis berapa banyak listrik yang digunakan di rumah maupun di ruang publik seperti kampus dan gedung bisnis. Hal ini bertujuan agar konsumen dapat melacak penggunaan energinya secara real time dengan teknologi ini. Selain itu, sistem akan memprediksi penggunaan. Pengguna juga akan mendapat manfaat dari energi listrik di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Penerapan Teknologi Blockchain pada Sistem Keamanan Informasi menggunakan metodologi kualitatif, menganalisis dan meneliti berbagai sumber literatur terkait blockchain dan sistem keamanan informasi. Pendekatan ini akan mendukung pemahaman dan penilaian integrasi teknologi blockchain dengan sistem keamanan informasi. Dengan menggunakan prinsip desentralisasi dan transparansi yang dibangun dalam teknologi blockchain, keamanan informasi dapat ditingkatkan.

Teknologi Blockchain adalah teknologi yang berkembang pesat dan memiliki penerapan luas di beberapa domain. Teknologi ini pertama kali diciptakan untuk menggerakkan mata uang virtual yang dikenal sebagai Bitcoin, namun kemudian digunakan secara luas untuk berbagai tujuan lain, termasuk identifikasi digital dan kontrak pintar. Teknologi Blockchain baru-baru ini mulai digunakan dalam sistem keamanan informasi dalam upaya meningkatkan integritas data, privasi, dan ketergantungan. Penerapan teknologi blockchain pada sistem keamanan informasi menawarkan sejumlah keuntungan signifikan, termasuk solusi keamanan informasi yang kuat, penyimpanan data yang andal, jaminan integritas data, anonimitas pengguna, dan transparansi dalam data dan transaksi. Penting untuk membicarakan bagaimana teknologi blockchain dapat diterapkan untuk meningkatkan privasi pengguna dan sistem keamanan informasi [7].



Gambar 1. Model Sederhana Blockchain

Fungsi yang nilai hashnya tidak dapat didekripsi dikenal sebagai fungsi hash konseptual. Kerahasiaan dicapai dengan ini. Ada beberapa algoritma hashing yang berbeda. Ilmu kriptografi mengkaji metode matematika untuk mengatasi masalah integritas data, kerahasiaan, otentikasi entitas, dan otentikasi asal data. Data yang dikirimkan melalui suatu jaringan, seperti LAN atau internet, dapat diamankan dengan kriptografi sehingga hanya pengirim dan penerima yang dapat mengaksesnya.

2.1 Konsumsi Listrik di Indonesia

Jumlah penduduk yang tinggal di Indonesia melebihi 271 juta jiwa pada tahun 2020. Pada tahun 2020, pendapatan per kapita mencapai 56 juta rupiah dan produk domestik bruto (PDB) lebih dari 15 triliun rupiah. Konsumsi energi Indonesia secara keseluruhan pada tahun 2020 dilaporkan lebih dari 263 ribu GWh, dengan sektor perumahan menyumbang porsi terbesar yaitu 117 ribu GWh. Disusul sektor industri sebesar 88 ribu GWh, sektor komersial sebesar 58 ribu GWh, dan sektor transportasi sekitar 292 GWh.

Dalam penelitian yang dilakukan di 34 provinsi di Indonesia dan melibatkan 5.443 rumah, tim LPSOS berbicara dengan masyarakat yang mengetahui cara menggunakan peralatan di rumah dan berapa rata-rata tagihan listrik bulanan mereka. Data penting yang dikumpulkan dari survei ini mencakup siapa pemilik peralatan tersebut, terbuat dari apa, sudah berapa lama digunakan, dan kapan. Rumah-rumah di Indonesia yang memiliki akses listrik terwakili dalam survei ini. 60% penduduk negara ini tinggal di Pulau Jawa, dan sisanya adalah Sumatera (21%), Kalimantan (6%), Bali dan Nusa Tenggara (5%), Sulawesi (7%), Maluku dan Papua (2%).

Konsumsi energi nasional pada tahun 2022 diperkirakan mencapai 273.761 GWh, menurut laporan PLN (2023). Angka ini meningkat dibandingkan konsumsi tahun sebelumnya sebesar 257.634 GWh pada tahun 2021. Dengan persentase 49,4% dari seluruh energi yang dikonsumsi dalam negeri, sektor industri pertambangan merupakan konsumen energi utama. Energi listrik kini menjadi komponen penting dalam setiap proses industri, sehingga memungkinkan dunia usaha menghemat biaya, meningkatkan produktivitas, dan mendorong inovasi teknis. Agar sektor industri bisa maju, keberlanjutan dan ketersediaan energi listrik yang cukup tidak bisa dihindari [8].

2.2 Blockchain

Adapun fungsi dari blockchain dalam keamanan jaringan sebagai berikut:

1. **Keamanan informasi:**Blockchain menyimpan data dalam blok-blok yang saling berhubungan yang memvalidasi satu sama lain, memberikan solusi yang kuat untuk keamanan informasi. Oleh karena itu, sulit untuk membuat cabang atau memperbarui data tanpa mendapatkan izin dari setiap node jaringan. Hasilnya, teknologi blockchain dapat membantu melindungi data sensitif dari peretasan atau serangan siber.
2. **Integritas Data:**Blockchain memverifikasi setiap transaksi baru sebelum ditambahkan ke jaringan, memastikan integritas data. Hal ini menjamin bahwa data yang disimpan akurat dan dapat diandalkan karena mencegah data diubah tanpa persetujuan setiap node di jaringan.
3. **Anonimitas:**Dengan menjaga identitas pengguna sebagai alamat digital yang tidak dapat ditautkan kembali, teknologi blockchain memungkinkan pengguna untuk tetap anonim. Oleh karena itu, teknologi blockchain dapat digunakan untuk aplikasi yang sensitif terhadap privasi seperti transfer tunai atau pembayaran online.
4. **Transparansi:**Karena data disimpan dalam jaringan terdistribusi dan dapat diakses oleh siapa saja yang memiliki akses jaringan, blockchain menciptakan transparansi dalam data dan transaksi. Dengan menjamin keakuratan dan keandalan data dan transaksi yang tercatat, hal ini membantu menurunkan risiko penyalahgunaan atau penipuan.
5. **Keandalan:**Karena data disimpan dalam jaringan terdistribusi dan masih dapat diakses oleh node lain bahkan jika terjadi kerusakan pada node, teknologi blockchain menawarkan keandalan yang sangat baik. Hal ini menjamin jika terjadi gangguan pada salah satu node jaringan, data akan tetap tersedia dan dapat diakses.

2.3 Class Diagram

Adalah diagram yang digunakan untuk menampilkan kelas, bagian penyusunnya, dan hubungan di antara mereka. mendemonstrasikan hubungan antara kelas-kelas dalam sistem yang sedang dibangun dan bagaimana berbagai diagram bekerja sama untuk mencapai tujuan

bersama. Diagram kelas untuk transaksi blockchain terlihat pada gambar dibawah, dan telah disertakan dalam implementasi sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem jaringan pintar adalah energi listrik modern jaringan yang dapat mengintegrasikan jaringan listrik secara cerdas dengan perangkat komunikasi yang mendukung daya jaringan pembangkitan dan distribusi menjadi lebih banyak menarik, komunikatif, dan berkualitas tinggi. Cerdas jaringan memonitor, mengatur dan mengelola energi listrik mulai dari sistem pembangkitan hingga penggunaan beban-beban dalam real time dengan tujuan meningkatkan optimalisasi di penggunaan sumber energi terbarukan. Kekuatan cerdas ini grid mengelola semua bagian termasuk produksi, distribusi, dan konsumsi energi listrik.

A. Konsep Cyber Security

Saat kita memasuki dekade kedua abad kedua puluh satu, istilah-istilah yang berkaitan dengan internet, realitas virtual, dan media digital, seperti "budaya siber", "cybersex", dan "perang dunia maya", diawali dengan "cyber". Awalan dan prefiks dari berbagai kata benda terlihat ambigu dalam budaya populer, seperti halnya gerakan sastra yang dikenal sebagai "cyberpunk". Demikian pula dengan diperkenalkannya internet, istilah "jaringan" telah muncul sebagai metafora utama dan menempati posisi sentral di hampir semua bidang ilmiah modern dan organisasi penting.

Seiring berkembangnya gagasan keamanan siber, bahaya dari keamanan siber juga telah melampaui batas internasional, sehingga menimbulkan ancaman bagi negara-negara, menurut Saco dan Deibert. Era informasi dan kemajuan teknologi menyebabkan peningkatan koneksi sosial melalui dunia maya yang menjadi sumbernya. Hal ini tidak berlaku bagi Deibert, yang berpendapat bahwa keamanan siber didasarkan pada empat wacana berbeda dengan titik referensi, ancaman, opsi kebijakan, dan hierarki berbeda. Wacana tersebut mencakup keamanan nasional, keamanan negara (yang mencakup ancaman internal dan eksternal terhadap keamanan rezim), keamanan sektor swasta, dan keamanan jaringan.

Dalam sistem berbasis data dimana data itu sendiri tidak memiliki substansi fisik, keamanan informasi adalah cara yang dapat kita gunakan untuk mencegah penipuan atau, paling tidak, mengidentifikasinya. Keamanan siber adalah bagian dari keamanan data dan memiliki banyak konsep yang sama. Namun, meskipun keamanan data mengadopsi pendekatan universal, keamanan siber lebih mementingkan perlakuan terhadap data elektronik secara berbeda, termasuk faktor fisik dalam pelestarian data tersebut [9].

B. Blockchaine dalam Jaringan

Blockchain kini digunakan dalam beberapa aplikasi, seperti notaris terdesentralisasi, identifikasi digital, dan pengumpulan suara digital. Sederhananya, blockchain adalah jaringan peer-to-peer tanpa node antar-trust yang berfungsi sebagai database terdesentralisasi. Blockchain memanfaatkan fungsi hash secara ekstensif. Hashing membantu blockchain dalam mengidentifikasi perubahan data apa pun yang disebabkan oleh malfungsi jaringan. Cukup sulit untuk membuat string yang cocok dengan hash yang disediakan. Hash yang sudah digunakan di blockchain selalu berukuran sama. Jika dua string sama, maka akan menghasilkan hash yang sama. Jika dua string berbeda, keduanya akan menghasilkan hash yang berbeda [10].

Ide dari "jaringan pintar" adalah untuk memperbarui sistem kelistrikan dan memfasilitasi manajemen penggunaan energi yang lebih sederhana. Jika seseorang memiliki turbin tenaga surya atau angin, mereka dapat memanfaatkan, menyimpan, dan menjual listrik yang dihasilkan kepada produsen melalui jaringan pintar. Pengguna dan penyedia listrik akan dapat mengkomunikasikan data dua arah di dalam jaringan pintar. Pengguna meteran listrik dapat memberikan informasi seperti angka tegangan, arus, dan faktor daya.

Jaringan pintar (smart grid) memiliki ketahanan terhadap bencana alam dan serangan. Smart Grid tidak hanya tahan terhadap serangan fisik, namun juga tahan terhadap serangan siber. Sebagian besar kemajuan ekonomi berasal dari sistem yang kompleks seperti jaringan pintar (smart grid). Hasilnya, jaringan tercipta. Kerusakan tenaga listrik, yang merupakan sumber daya vital, dapat berdampak buruk pada kesejahteraan masyarakat. Pengguna panel surya, misalnya, mungkin membebani jaringan listrik dengan lonjakan listrik dari sumber-sumber ini. Karena bahan bakar fosil bukanlah sumber energi yang berkelanjutan, maka sumber energi alternatif baru perlu diselidiki.

Sumber energi baru ini akan didukung oleh teknologi smart grid selain sumber listrik konvensional. Data pelanggan dapat dieksploitasi meskipun tersedia opsi transmisi yang kurang aman. Di bidang cryptocurrency, Satoshi Nakamoto pertama kali memperkenalkan blockchain pada tahun 2008. Namun karena teknologi blockchain telah maju dengan cepat dan telah digunakan di sejumlah industri, ini juga merupakan catatan asli dari semua aktivitas jaringan yang terjadi di semua node jaringan dan terhubung. bersama-sama dengan serangkaian blok data yang di-hash. Menggunakan teknologi Blockchain dapat digunakan untuk mengatasi masalah keamanan di jaringan smart grid.

C. Optimisasi Jaringan Energi Listrik

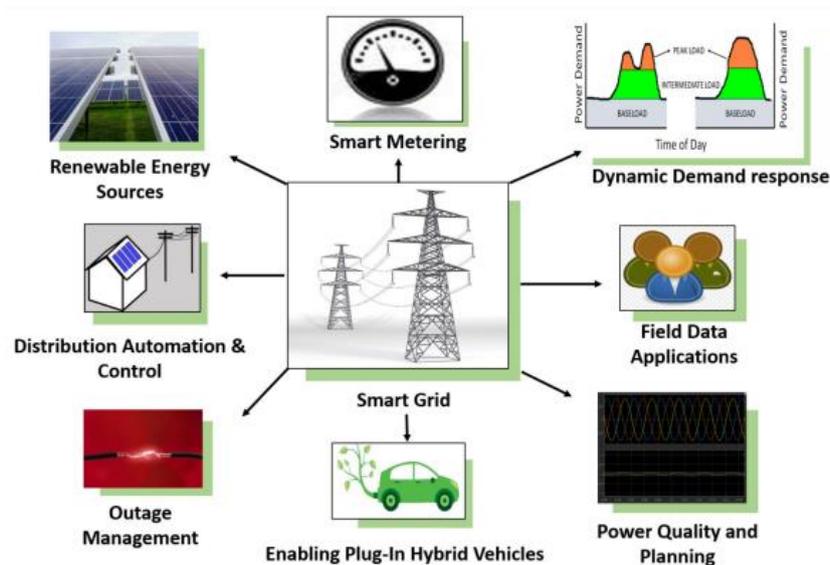
1. Konsep Dasar Optimisasi Jaringan Listrik

Ide mendasar dibalik optimasi jaringan energi listrik adalah penggunaan sejumlah metode, pendekatan, dan ide untuk meningkatkan keberlanjutan, ketergantungan, dan efisiensi jaringan energi listrik. Gagasan mendasar berikut ini mendasari optimalisasi jaringan energi listrik:

- Efisiensi Energi : Ide dasar optimasi jaringan energi berpusat pada peningkatan produksi, distribusi, dan efisiensi konsumsi energi. Hal ini mencakup minimalisasi pemborosan energi, penggunaan teknologi yang lebih efisien, dan minimalisasi kehilangan energi selama transit.
- Pemantauan dan Pengendalian Real-Time: Ide ini memerlukan penggunaan sistem kontrol dan pemantauan canggih untuk memantau dan mengelola jaringan energi secara real time. Terus mengumpulkan dan memanfaatkan data untuk meningkatkan kinerja jaringan.
- Penggunaan Sumber Energi Terbarukan: Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca melalui integrasi jaringan sumber energi terbarukan termasuk tenaga surya, angin, dan tenaga air.
- Penyimpanan Energi: Baterai dan teknologi penyimpanan energi lainnya digunakan untuk meningkatkan ketergantungan pasokan energi dan mengimbangi variasi pembangkitan energi dari sumber terbarukan.
- Jaringan Listrik Cerdas (Smart Grid): Jaringan listrik cerdas mengoptimalkan distribusi

energi, memungkinkan aliran energi dua arah, mengawasi keandalan jaringan, dan memberikan informasi lebih banyak kepada pelanggan dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi.

- Analisis Data dan Kecerdasan Buatan: Memanfaatkan kecerdasan buatan dan analisis data untuk menangani sejumlah besar data yang dihasilkan oleh energi jaringan, menemukan gangguan, mengenali tren penggunaan energi, dan membuat rencana tindakan yang diperlukan.
- Peningkatan Infrastruktur: Modernisasi dan peningkatan infrastruktur jaringan listrik diperlukan untuk beradaptasi dengan perubahan permintaan dan kemajuan teknologi.
- Kebijakan Regulasi dan Dukungan: kebijakan dan peraturan yang mendorong investasi dan pengembangan teknologi baru, serta efisiensi energi, energi terbarukan, dan inovasi di sektor energi.
- Kolaborasi Stakeholder: Mengatasi permasalahan rumit di sektor energi memerlukan kerja sama antara pemerintah, perusahaan energi, peneliti, dan masyarakat.
- Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat: Meningkatkan kesadaran masyarakat akan nilai keberlanjutan dan efisiensi energi serta mengubah perilaku konsumen.
- Berkelanjutan: Memastikan bahwa inisiatif untuk meningkatkan jaringan energi listrik, seperti menurunkan emisi karbon dan memanfaatkan sumber daya dengan lebih baik, mendukung keberlanjutan jangka panjang.



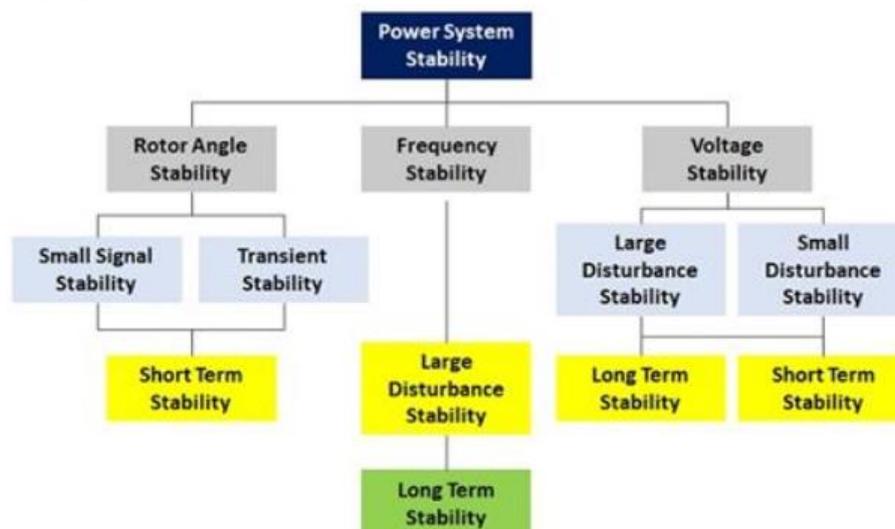
Gambar 3. Smart Grid Sebagai Jaringan Pendukung

Teknologi cerdas (*smart grid*), termasuk jaringan listrik digital dan cerdas, menyediakan administrasi dan pemantauan jaringan yang lebih baik, yang dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya. Peraturan yang mendukung inovasi dan investasi terkait energi juga didorong oleh efisiensi energi dan energi terbarukan. Dalam hal ini, mengetahui bagaimana pola konsumsi energi berubah dan menemukan kemungkinan peningkatan efisiensi sebagian besar dimungkinkan oleh analisis data dan kecerdasan buatan. Untuk mengatasi permasalahan sulit yang dihadapi industri energi ini, kerja sama antara pemerintah, perusahaan energi, dan pemangku kepentingan lainnya sangatlah penting. “Smart Grid adalah jaringan listrik yang secara cerdas dapat mengintegrasikan tindakan semua pengguna yang terhubung dengannya – generator, konsumen, dan mereka yang melakukan

keduanya – untuk secara efisien menyalurkan pasokan listrik yang berkelanjutan, ekonomis, dan aman,” [11].

D. Stabilisasi Sistem Tenaga Listrik

Penting untuk mempertimbangkan ketahanan sistem tenaga listrik terhadap gangguan tanpa mengorbankan layanan pelanggan. Ketika mengoperasikan sistem tenaga listrik yang aman, sistem tenaga listrik perlu menyadari hal-hal berikut: memahami keselamatannya sendiri; memahami konsekuensi pengoperasiannya dalam berbagai konfigurasi dan kondisi; dan memahami langkah-langkah yang perlu diambil ketika mengoperasikannya dalam batas wajar. Sistem ketenagalistrikan perlu dijalankan dalam kondisi stabil untuk menjamin keamanannya. Stabilitas sistem tenaga listrik didefinisikan oleh kelompok IEE/CIGRE sebagai kapasitas sistem tenaga listrik, dalam kondisi operasi tertentu, untuk pulih dari gangguan fisik dan melanjutkan keseimbangan operasi dengan variabel-variabel yang dibatasi sedemikian rupa sehingga sistem secara keseluruhan tetap utuh. Seperti terlihat pada Gambar 4, tiga kategori kestabilan sistem tenaga listrik adalah kestabilan sudut rotor, kestabilan frekuensi, dan kestabilan tegangan.



Gambar 4. Klasifikasi Stabilitas Sistem Tenaga

Apabila terjadi gangguan dan mesin sinkron pada jaringan sistem tenaga tetap beroperasi normal maka dikatakan mempunyai kestabilan sudut rotor yang stabil. Stabilitas tegangan mengacu pada kapasitas sistem tenaga untuk menjaga tegangan bus dalam batas operasi setelah terjadi gangguan pada operasi reguler. Kapasitas sistem tenaga untuk mempertahankan frekuensi operasi nominal setelah terjadi ketidakseimbangan antara pembangkitan dan beban, yang mengakibatkan ketidakstabilan sudut generator sinkron, dikenal sebagai stabilitas frekuensi [12].

E. Penerapan Pengaman Cyber

Keamanan informasi mencakup keamanan siber, yang melindungi terhadap kemungkinan serangan siber pada perangkat yang terhubung ke internet, termasuk perangkat lunak, perangkat keras, dan data. Serangan siber Ransomware, yang menargetkan lembaga pemerintah, PLN, dan bisnis tertentu, kini semakin umum terjadi. Istilah "Triple Threat" mengacu pada serangan ini, yang menggabungkan tiga metode serangan berbeda untuk menargetkan jaringan komputer,

jaringan telepon, dan jaringan email. Secara khusus, peretas dapat mengakses fasilitas sistem informasi melalui sejumlah cara, seperti kehadiran fisik (melalui drive USB), eksploitasi perangkat lunak yang rentan atau kedaluwarsa, pencurian perangkat seluler staf, phishing atau email berbahaya, dan virus khusus yang mengenkripsi data untuk membatasi sistem [13].

Arsitektur jaringan smart grid didasarkan pada kompilasi implementasi program. Banyak perangkat yang terhubung ke pusat kendali melalui jaringan. Selain itu dengan kata lain, database terhubung ke pusat kendali. Basis data ini digunakan untuk menyimpan data yang dienkripsi menggunakan teknologi kriptografi dan blockchain. Topologi star, sering juga disebut topologi jaringan, adalah topologi yang digunakan dalam pembahasan ini. Mengingat penelitian ini diperkirakan hanya akan dilakukan secara lokal, maka bentuk topologi ini dipilih.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini yaitu penerapan teknologi blockchain pada sistem keamanan informasi menawarkan cara yang kuat dan dapat diandalkan untuk menjaga privasi dan integritas data. Struktur teknologi Blockchain yang terdesentralisasi mempersulit pihak yang ceroboh untuk mengubah atau menghapus, sehingga meningkatkan keamanan pengguna. Sistem keamanan informasi mungkin diperkuat oleh teknologi blockchain. Manfaat teknologi blockchain, termasuk kekekalan, transparansi, dan pemerataan distribusinya, membuatnya sesuai untuk digunakan dalam domain keamanan informasi. Secara keseluruhan, integrasi teknologi blockchain dengan sistem keamanan informasi dapat meningkatkan keamanan dan menjamin integritas data. Dengan demikian perlu diingat bahwa sejumlah permasalahan masih perlu diperbaiki sebelum teknologi ini dapat digunakan secara luas. Oleh karena itu, penerapan teknologi blockchain harus mendapat banyak pertimbangan untuk mendapatkan hasil terbaik bagi sistem keamanan informasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haykal, F., Hariadi, R. R., & Ghazali, K. (2022). Rancang Bangun Sistem Pemantauan dan Forecasting Konsumsi Energi Listrik Menggunakan Internet of Things dan Algoritma Seasonal Time Series. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2), A103-A109.
- [2] Haluana'a, F. J. (2023). Optimisasi Jaringan Energi Listrik untuk Meningkatkan Efisiensi dan Keberlanjutan. *WriteBox*, 1(1), 1-7.
- [3] Lubis, B. H. (2021). Teknologi Smart Grid Untuk Penerapan Demand Side Management: Prospek Masa Depan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5(3), 8092-8100.
- [4] Azhiman, F., & Pranoto, T. (2022). Analisis Business Model Canvas (Bmc) Sistem Operasi Skema Blockchain Equity Crowdfunding Pada Ekosistem Bisnis Renewable Energy Di Indonesia. *Journal of Economic, Bussines and Accounting (COSTING)*, 5(2), 822-832 .
- [5] Pela, M. F., & Pramudita, R. (2021). Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things Pada Rumah Dengan Menggunakan Aplikasi Blynk. *Infotech: Journal of Technology Information*, 7(1), 47-54.
- [6] Ginanjar, Y. (2022). Strategi Indonesia Membentuk Cyber Security Dalam Menghadapi Ancaman Cyber Crime Melalui Badan Siber Dan Sandi Negara. *Dinamika Global: Jurnal Ilmu Hubungan Internasional*, 7(02), 295-316.
- [7] Maulani, I. E., Herdianto, T., Syawaludin, D. F., & Laksana, M. O. (2023). Penerapan Teknologi Blockchain Pada Sistem Keamanan Informasi. *Jurnal Sosial Teknologi*, 3(2), 99-102.

-
- [8] Qodariah, L., & Nurjihadi, M. (2024). Pengaruh Sektor-Sektor Ekonomi Prioritas dan Variabel Demografis Terhadap Konsumsi Energi Listrik di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Journal of Macroeconomics and Social Development*, 1(3), 1-14.
- [9] Soesanto, E., Purba, L. M., Aprilia, B., Putra, D. R., & Putri, S. D. (2023). Implementasi Objek Vital, Pengamanan File dan Pengamanan Cyber di PT Pertamina. *IJM: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 1(1), 96-105.
- [10] Pratama, Y. W., & Kurniadi, D. (2021). Implementasi Blockchain dalam Aplikasi Pemilu. *Incare, International Journal of Educational Resources*, 2(2), 242-254.
- [11] Dileep, G. J. R. E. (2020). A survey on smart grid technologies and applications. *Renewable energy*, 146, 2589-2625.
- [12] Kurniawan, R., Daud, M., & Hasibuan, A. (2023). Study of Power Flow and Harmonics when Integrating Photovoltaic into Microgrid. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(1), 33-46.
- [13] Arrohan, Z. D., Andriani, W., & Gunawan, G. (2023). Analisis Penerapan Smart Living Dalam Pembangunan Smart City Di Kota Tegal. *Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (online)*, 4(2), 347-354.