Volume 13 – Issue 3 --, 2025: 90-111
Copyright @ jwm (Jurnal Wawasan Manajemen)
p-ISSN: 2337-5191 | e-ISSN: 2527-6034.
Open Access at: https://jwm.ulm.ac.id/id/index.php/jwm
DOI: https://doi.org/10.20527/jwm.v13i3.379

Analysis of Blockchain Technology Implementation to Support Transparency and Accountability in PLTU X

Aprianto Sandi Asmoro[1]
Sigit Hermawan[2*]
Vera Firdaus[3]
[1,2,3]Faculty of Business, Law and Social Sciencess, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Sidoarjo
[*]Corresponding Author E-mail: sigithermawan@umsida.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the implementation of blockchain technology in improving financial transparency and accountability at PLTU X, particularly in the recording of Production Cost (BPP). The study uses a de-scriptive qualitative approach through observation, semi-structured interviews, documentation, and simula-tion using Hyperledger Fabric. The simulation results indicate that blockchain can record financial transac-tions immutably and detect revisions automatically using SHA-256 hashing. The quantitative SWOT analysis shows high scores for strength and opportunity, supporting an aggressive strategy integrating ERP and block-chain. The study concludes that blockchain has strong potential as a complementary, transparent, efficient, and auditable recording system, although its implementation still requires gradual readiness of infrastructure, reg-ulation, and human resources.

Keywords*: Blockchain, Financial Reporting, Hyperledger Fabric, Transparency, Power Plant*

Abstraks

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi blockchain dalam meningkatkan transparansi dan akuntabilitas laporan keuangan di PLTU X, khususnya pada pencatatan Biaya Pokok Produksi (BPP). Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, dokumentasi, dan simulasi berbasis Hyperledger Fabric. Hasil simulasi menunjukkan bahwa blockchain mampu mencatat transaksi keuangan secara immutable dan mendeteksi revisi otomatis menggunakan metode hash SHA-256. Analisis SWOT kuantitatif menunjukkan skor kekuatan dan peluang tinggi, mendukung strategi agresif berupa integrasi ERP dan blockchain. Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa blockchain ber-potensi besar sebagai sistem pencatatan pelengkap yang transparan, efisien, dan dapat diaudit, meskipun im-plementasinya masih memerlukan kesiapan infrastruktur, regulasi, dan pelatihan SDM secara bertahap.

Kata Kunci: *Blockchain, Pelaporan Keuangan, Hyperledger Fabric, Transparansi, PLTU*

Pendahuluan

Dalam era digitalisasi yang semakin pesat, teknologi telah menjadi tulang punggung revolusi di berbagai sektor kehidupan. Salah satu inovasi paling menonjol adalah teknologi blockchain, sebuah terobosan yang menawarkan solusi untuk tantangan transparansi, keamanan, dan efisiensi dalam pengelolaan data. Eksekusi teknologi blockchain awalnya dilakukan oleh Satoshi Nakamoto pada tahun 2008 melalui penerapan teknologi blockchain pada mata uang digital yaitu Bitcoin. Penggabungan mata uang digital dan blockchain ini disebut sebagai cryptocurrency (Swastika et al., 2022). Teknologi Blockchain yang kita kenal saat ini bermula dari tahun 1980-an, Stuart Haber, seorang kriptografer, dan W. Scott Stornetta, seorang fisikawan, memulai penelitian bersama yang berfokus pada kepercayaan terhadap informasi digital. Mereka menghadapi dua pertanyaan mendasar: pertama, secara filosofis, bagaimana kita bisa memastikan kebenaran informasi digital di masa lalu jika data pada komputer sangat mudah

dimanipulasi? Kedua, secara politis, bagaimana kita dapat mempercayai keabsahan informasi digital tanpa otoritas pusat yang menjaga catatan tersebut (Whitaker, 2019).

Blockchain sendiri merupakan teknologi buku besar yang terdesentralisasi, dirancang untuk mencatat transaksi secara aman, transparan, dan tanpa melibatkan otoritas pusat. Dalam prosesnya, setiap transaksi dicatat ke dalam sebuah blok yang mencakup informasi transaksi, cap waktu, serta hash kriptografi untuk menjaga keamanan dan keaslian data (Diasca et al., 2021). Blok-blok ini kemudian didistribusikan dan diverifikasi oleh node yang tersebar di seluruh jaringan, di mana setiap node menyimpan salinan lengkap dari blockchain, memastikan integritas data dan mencegah manipulasi (Mustika et al., 2024). Blok, node, dan hash adalah tiga elemen penting yang membuat blockchain bekerja secara efisien dan aman. Blok adalah unit penyimpanan dalam blockchain yang mencatat informasi transaksi, seperti waktu transaksi dan detail lainnya. Setiap blok terhubung ke blok sebelumnya, membentuk rantai yang tidak terputus. Hubungan ini dijaga melalui hash, yaitu kode unik yang dihasilkan dari data di dalam blok. Jika ada perubahan kecil pada data di blok, hash akan berubah, sehingga seluruh rangkaian blok menjadi tidak valid. Sementara itu, node adalah komputer atau perangkat yang menjadi bagian dari jaringan blockchain. Setiap node menyimpan salinan lengkap dari blockchain dan berperan untuk memverifikasi serta menyetujui transaksi baru. Node bekerja bersama untuk memastikan bahwa semua data yang disimpan dalam blockchain konsisten di seluruh jaringan. Dengan kombinasi blok yang saling terhubung oleh hash dan node yang memastikan keakuratan data, blockchain menjadi sistem yang sangat aman dan sulit dimanipulasi (Nanda Sari & Gelar, 2024).

Selain elemen-elemen penting seperti blok, node, dan hash, Blockchain dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan aksesibilitas dan tata kelola, yaitu blockchain publik, konsorsium, dan pribadi. Blockchain publik memungkinkan akses informasi, validasi transaksi, dan keterlibatan dalam mekanisme konsensus oleh siapa saja, dengan node anonim yang menciptakan kerangka kerja terdesentralisasi penuh. Contohnya adalah Bitcoin dan Ethereum. Sementara itu, konsorsium blockchain menggunakan node yang telah ditentukan untuk mekanisme konsensus, membatasi akses hanya kepada peserta yang ditunjuk atau menerapkan model akses hibrida. Jenis blockchain ini dikenal sebagai 'sebagian terdesentralisasi', dengan contoh seperti Hyperledger dan Alliance. Adapun blockchain pribadi dikelola oleh satu entitas yang memiliki otoritas penuh atas akses dan pengelolaan data. Kategori ini biasanya digunakan untuk administrasi dan audit basis data perusahaan, dengan konsensus yang dicapai melalui node tepercaya. Contoh implementasinya adalah Coin Science dan Eris Industries (Fernando & Saravannan, 2021).

Beberapa tahun terakhir, teknologi blockchain tidak lagi terbatas sebagai mata uang digital saja, tetapi telah merambah ke berbagai sektor industri. Teknologi ini telah digunakan untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan keamanan, seperti yang terlihat dalam implementasi di PT POS Indonesia, Bank Al Hilal, dan Walmart. PT POS Indonesia memanfaatkan teknologi blockchain melalui sistem 'Digiro.in' untuk mendukung transaksi lintas mata uang dengan biaya lebih rendah dan proses yang lebih cepat(Rachmana et al., 2024). Di sektor perbankan syariah, Bank Al Hilal menggunakan blockchain untuk meningkatkan keandalan sistem keuangan mereka, meskipun dampaknya terhadap profitabilitas masih memerlukan penyesuaian lebih lanjut (Wahyu et al., 2024). Sementara itu, Walmart telah berhasil menerapkan blockchain dalam melacak produk segar di rantai pasokannya, memberikan transparansi yang lebih tinggi dan membangun kepercayaan pelanggan (Kumar, 2023).

Teknologi blockchain semakin banyak digunakan dalam sektor energi karena menawarkan berbagai keunggulan, seperti perdagangan energi peer-to-peer (P2P), pelacakan emisi karbon, pengelolaan kendaraan listrik (EV) dan infrastruktur pengisian daya, serta pengelolaan sertifikat energi terbarukan. Inovasi ini berpotensi meningkatkan pelaporan kinerja keuangan

perusahaan melalui akurasi data yang lebih baik, transparansi dalam biaya operasional, dan pengurangan potensi kesalahan dalam pencatatan keuangan (Golosova et al., 2019) (Bao et al., 2020). Namun, penerapan blockchain di sektor energi Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan signifikan, termasuk integrasi dengan sistem yang sudah ada, kesiapan infrastruktur teknologi, dan regulasi yang belum sepenuhnya memadai. Sebuah penelitian menggunakan pendekatan SWOT untuk menganalisis peluang dan tantangan blockchain dalam konteks ekonomi digital. Studi ini menunjukkan bahwa teknologi blockchain dapat menjadi katalis dalam transformasi digital, tetapi juga menghadapi kendala seperti ketidaksiapan infrastruktur dan regulasi yang kompleks. Temuan ini menegaskan perlunya eksplorasi lebih lanjut tentang kelayakan dan tantangan penerapan blockchain dalam sektor spesifik seperti energi, yang memiliki kebutuhan operasional dan regulasi yang unik (Hardjanto, 2022).

PLTU X, sebagai bagian dari Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang beroperasi di sektor energi, memiliki peran penting dalam menjamin pasokan listrik guna mendukung kebutuhan kelistrikan nasional. Sebagai etintas BUMN, PLTU X diwajibkan untuk menerapkan prinsip-prinsip GCG (Good Corporate Governance) sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Badan Usaha Milik Negara Nomor PER-01/MBU/2011 Tentang Penerapan Tata Kelola Perusahaan Yang Pada Badan Usaha Milik Negara, PLTU X diwajibkan untuk menerapkan prinsip-prinsip Good Corporate Governance (GCG) (Kesumah, 2022). GCG, menurut definisi dari Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), adalah sistem yang mengatur dan mengendalikan perusahaan untuk memiliki nilai tambah (value added) bagi seluruh pemangku kepentingan melalui penerapan prinsip transparansi, akuntabilitas, responsibilitas, independensi, dan fairness(G20/OECD Principles of Corporate Governance, n.d.). Berdasarkan penelitian (Iqbal & Syafitri, 2024) penerapan GCG memberikan manfaat dalam hal transparansi dan tata kelola, tetapi tidak selalu berdampak langsung pada peningkatan kinerja keuangan. Perusahaan perlu menyusun strategi yang lebih komprehensif untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mencapai tujuan profitabilitas.

Salah satu sistem yang telah diterapkan secara luas untuk mendukung GCG adalah ERP (Enterprise Resource Planning). PLTU X telah meimpementasikan ERP berbasis Oracle EBS (E-Business Suite) untuk mendukung pengelolaan laporan keuangan dan operasionalnya. ERP adalah ebuah sistem perangkat lunak yang bertujuan untuk menyatukan berbagai proses bisnis penting di dalam sebuah perusahaan, seperti akuntansi, keuangan, logistik, dan manajemen sumber daya manusia, menjadi satu platform yang terpusat. Sistem ini memungkinkan perusahaan untuk mengotomatisasi alur kerja mereka, menghasilkan informasi real-time, dan meningkatkan efisiensi operasional. Oracle EBS (E-Business Suite) adalah kumpulan aplikasi terintegrasi yang mendukung berbagai fungsi bisnis, seperti konsolidasi data, analisis data, dan pelaporan perusahaan. EBS dirancang untuk memberikan solusi bisnis yang terpusat dari satu vendor, mengurangi kebutuhan untuk sistem terpisah dari vendor berbeda (Zhijun & Dongyun, 2008). Dalam penelitian (Nikolaus Erlely & Pontoh, 2022) Penerapan sistem Enter-prise Resource Planning (ERP) terbukti secara signifikan mingkatkan kinerja keuangan Perus-ahaan dengan memperbaiki efisiensi operasional, memperkuat integrasi data antar departe-men, dan menyediakan informasi yang akurat secara real-time. Penelitian menunjukkan bahwa perusahaan yang mengimplementasikan ERP memiliki kemampuan lebih baik dalam memaksimalkan aset, menghasilkan laba, serta mengelola utang dengan efisien. Hal ini juga memperkuat kepercayaan investor dan meningkatkan nilai perusahaan di pasar modal. Meskipun PLTU X telah menerapkan prinsip GCG dan menggunakan sistem ERP berbasis Oracle EBS untuk mendukung pengelolaan laporan keuangan, masih terdapat kendala dalam proses perhitungan Biaya Pokok Produksi (BPP). Perhitungan Biaya Pokok Produksi (BPP) menjadi penting dalam industri pembangkitan listrik karena mencerminkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan untuk menghasilkan setiap kilowatt-hour listrik (Rupiah/kWh) (Sahid, Agus H.,

2014). BPP juga merupakan elemen krusial dalam laporan keuangan yang digunakan untuk menilai efisiensi operasional serta mengukur tingkat profitabilitas perusahaan (Puspitasari & Rahman, 2024). Saat ini proses perhitungan BPP memerlukan pengunduhan data transaksi dari ERP ke format Excel, yang kemudian dimasukkan secara manual ke dalam template Microsoft Excel dengan rumus yang telah ditentukan. Pendekatan ini selain memakan waktu juga rentan terhadap kesalahan manusia, seperti kesalahan input atau formula yang tidak sesuai (Haryanti & Saputra, 2022). Masalah ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk sistem yang lebih otomatis dan terintegrasi guna meningkatkan efisiensi, transparansi, dan akurasi dalam pelaporan keuangan di PLTU X. Blockchain dapat menjadi solusi potensial dengan menyediakan sistem pencatatan dan validasi transaksi yang aman, otomatis, dan transparan, sehingga dapat menyederhanakan dan memperkuat proses perhitungan BPP.

Disisi lain Teknologi Blockchain muncul sebagai inovasi revolusioner yang menawarkan transparansi, keamanan, dan keandalan data yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam pelaporan keuangan. Blockchain memungkinkan pencatatan data yang tidak dapat diubah (immutable) dan validasi transaksi secara otomatis, memberikan fondasi untuk sistem pelaporan keuangan blockchain (BFS) yang lebih andal dan efisien (Dashkevich et al., 2024). Keunggulan lain juga bisa ditemukan dalam penelitian (Research et al., 2020) tentang penerapan blockchain permissioned, seperti Hyperledger Fabric, dimana kemampuannya untuk memberikan kontrol akses yang ketat, sehingga data sensitif tetap aman dan hanya dapat diakses oleh pihak berwenang. Teknologi ini juga mendukung otomatisasi pencatatan transaksi keuangan melalui smart contracts, yang memastikan transparansi, akurasi, dan efisiensi dalam pelaporan keuangan.

Hyperledger Fabric adalah salah satu framework blockchain yang bersifat permissioned, dikembangkan oleh Linux Foundation. Framework ini dirancang khusus untuk kebutuhan perusahaan dan memungkinkan anggota jaringan memiliki kendali penuh atas akses dan transaksi yang dilakukan di dalam jaringan (Herwanto et al., 2020). Hyperledger Fabric dirancang untuk memberikan fleksibilitas, skalabilitas, dan keamanan dalam pelaporan keuangan. Hyperledger Fabric mendukung penggunaan bahasa pemrograman umum dan tidak memerlukan mata uang kripto, sehingga cocok untuk integrasi dengan sistem yang seperti ERP (Androulaki et al., 2022). Tidak seperti blockchain tradisional, Hyperledger Fabric menggunakan pendekatan execute-order-validate. Pada tahap Execute, aplikasi mengirim proposal transaksi ke peer, di mana peer menjalankan smart contract (chaincode) untuk menghasilkan respons. Selanjutnya, pada tahap Order, respons tersebut dikirim ke orderer yang bertugas menyusun transaksi dalam bentuk blok secara berurutan. Terakhir, pada tahap Validate, blok tersebut disebarkan ke seluruh peer dalam jaringan, di mana setiap peer memvalidasi transaksi dalam blok dan memastikan tidak ada konflik sebelum transaksi tersebut ditambahkan ke ledger. Pendekatan ini memastikan proses yang efisien, valid, dan aman di seluruh jaringan (Shalaby et al., 2020). Adapun komponen utama hyperledger fabric adalah Peer adalah inti jaringan yang menyimpan ledger, menjalankan smart contract (chaincode), dan dapat bertindak sebagai endorser untuk memvalidasi transaksi. Ledger mencatat data transaksi secara permanen, terdiri dari blockchain untuk urutan transaksi dan state database untuk status terkini. Orderer bertugas mengatur urutan transaksi dan membentuk blok, dengan opsi implementasi seperti Solo untuk pengujian, Kafka untuk toleransi kerusakan, dan Raft untuk produksi. Membership Service Provider (MSP) mengelola identitas anggota menggunakan sertifikat digital, memastikan keamanan akses. Channel memungkinkan komunikasi privat dengan ledger terpisah untuk menjaga privasi data. Smart Contract (chaincode) menjalankan logika bisnis dan memvalidasi transaksi sesuai aturan. Dengan struktur modular ini, Hyperledger Fabric menawarkan fleksibilitas, keamanan, dan kinerja tinggi untuk berbagai aplikasi blockchain (Setyawan et al., 2024).

Dalam konteks penggabungan teknologi blockchain dengan Enterprise Resource Planning (ERP), seperti yang digambarkan dalam penelitian (Guide et al., 2024), menyajikan prospek untuk membangun kerangka pelaporan keuangan yang lebih transparan dan dapat diandalkan. Blockchain memfasilitasi tata kelola data keuangan yang terdesentralisasi dan tidak berubah, sehingga meningkatkan integritas data dan mencegah manipulasi. Selain itu, dengan memanfaatkan fungsionalitas smartcontract, blockchain dapat mengotomatiskan validasi transaksi dan proses audit. Pada penelitian (Limited, n.d.) juga menunjukkan bahwa blockchain dapat memperkuat sistem ERP dengan menciptakan catatan transaksi yang immutable dan transparan. Lebih lanjut penelitian (Isbaih et al., 2024) menyoroti dampak signifikan blockchain dalam meningkatkan efisiensi operasional, transparansi, dan keamanan dalam manajemen keuangan. Blockchain memungkinkan transaksi keuangan berlangsung lebih cepat, efisien, dan aman tanpa melibatkan pihak ketiga, sehingga mengurangi biaya administrasi dan risiko penipuan. Penelitian (Ariati & Rudianto, 2024) juga memberikan ulasan komprehensif tentang tren terkini, tantangan, dan peluang integrasi blockchain dengan sistem ERP. Penelitian ini menyoroti bagaimana blockchain dapat meningkatkan efisiensi operasional, transparansi data, dan keamanan, khususnya dalam sektor energi yang memiliki kebutuhan data yang kompleks.

Meskipun teknologi blockchain telah banyak dibahas dalam literatur terkait keunggulannya dalam meningkatkan transparansi, keamanan, dan efisiensi data, penerapannya di sektor energi Indonesia masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada implementasi teknis blockchain di sektor perbankan dan rantai pasok. Namun, studi yang mendalami penggunaan blockchain untuk mendukung ERP berbasis Oracle EBS dalam pelaporan keuangan masih jarang ditemukan. Selain itu, meskipun blockchain memiliki potensi signifikan dalam berbagai aplikasi, integrasinya dengan sistem yang sudah ada seperti ERP menghadapi tantangan teknis yang cukup kompleks, termasuk masalah skalabilitas, regulasi, dan biaya implementasi yang tinggi (HM & Junianti, 2023). Kajian tentang metode dan strategi untuk mengintegrasikan blockchain secara efektif dengan ERP, khususnya dalam konteks sektor energi, masih sangat minim.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi kelayakan penerapan teknologi blockchain dalam mendukung transparansi dan akuntanbilitas di PLTU X melalui observasi, wawancara semi-terstruktur dokumentasi dan simulasi berbasis Hyperledger Fabric. Metode observasi, wawancara, dan dokumentasi digunakan untuk mengidentifikasi tantangan serta kebutuhan praktis dari pemangku kepentingan di bidang keuangan dan teknologi informasi. Sementara itu, Simulasi Hyperledger Fabric difokuskan pada pengujian kemampuan jaringan blockchain untuk menyimpan data dummy dari sistem ERP, serta memastikan apakah data tersebut bersifat immutabel dan transparan. Hasil dari kedua pendekatan ini kemudian dianalisis menggunakan metode SWOT untuk mengevaluasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dalam penerapan blockchain. Penelitian ini dibatasi pada pengujian kelayakan teknis dan eksplorasi awal tanpa mencakup implementasi operasional penuh di PLTU X. Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan memberikan wawasan awal sebagai dasar studi lebih lanjut terkait penerapan blockchain di sektor energi Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, berikut adalah tiga rumusan pertanyaan penelitian yang padat dan mencerminkan fokus utama kajian:

1. Bagaimana penerapan teknologi blockchain berbasis Hyperledger Fabric dapat meningkat-kan transparansi dan akuntabilitas dalam pencatatan Biaya Pokok Produksi (BPP) di PLTU X?
2. Apa saja tantangan teknis dan strategis yang dihadapi dalam mengintegrasikan sistem blockchain dengan ERP Oracle EBS di PLTU X?

3. Strategi apa yang paling efektif untuk mendukung implementasi bertahap teknologi block-chain dalam sistem pelaporan keuangan PLTU X, berdasarkan hasil analisis SWOT dan TOWS?

Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kualitatif dengan tujuan memperoleh pemahaman mendalam terhadap suatu fenomena melalui pengumpulan data menggunakan metode observasi, wawancara, dan dokumentasi. Penelitian ini berfokus pada pemahaman konteks sosial serta proses yang terjadi di dalamnya (Hermawan & Amirullah, 2016). Selain itu, dilakukan simulasi berbasis Hyperledger Fabric untuk menguji implementasi teknologi block-chain, dengan analisis data yang dilakukan menggunakan pendekatan SWOT guna mengeval-uasi kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang terkait.

Observasi, Wawancara dan Dokumentasi

Dalam penelitian ini, observasi dilakukan untuk memahami proses operasional dan tan-tangan teknis dalam penerapan teknologi blockchain di PLTU X (Hermawan & Amirullah, 2016). Observasi bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana sistem yang ada digunakan, serta mengevaluasi keamanan dan efisiensi data yang disimpan dalam jaringan blockchain. Observa-si juga digunakan untuk memvalidasi kebutuhan praktis dalam penerapan teknologi blockchain guna mendukung transparansi dan akuntabilitas laporan keuangan. Data yang diperoleh me-lalui observasi selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis SWOT untuk mengevaluasi kelayakan penerapan teknologi ini. Wawancara semi-terstruktur (Hermawan & Amirullah, 2016) dilakukan dengan tiga narasumber, yaitu:

Tabel 1. Narasumber Wawancara

Narasumber	Jumlah	Departemen / Posisi	Durasi Wawancara	Tujuan Wawancara
Manajer Bagian SDM	1	Sumber Daya Manusia (SDM)	15–20 menit per sesi	Menggali tantangan teknis dan kesiapan SDM dalam penerapan blockchain
Staf Keuangan	1	Keuangan	15–20 menit per sesi	Memahami kebutuhan praktis pencatatan BPP dan potensi integrasi blockchain
Staf Teknologi Informasi (TI)	1	Teknologi Informasi (TI)	15–20 menit per sesi	Mengetahui kesiapan infrastruktur dan integrasi blockchain dengan ERP Oracle EBS

Sumber: Data primer diolah peneliti

Data wawancara dicatat untuk menjaga keakuratan informasi, kemudian diorganisasikan ke dalam kategori tematik untuk analisis lebih lanjut. Keabsahan data wawancara dijamin me-lalui validasi oleh responden, dan triangulasi data dilakukan dengan memeriksa dokumen in-ternal atau laporan keuangan untuk memperkuat hasil.

Dokumentasi dalam penelitian ini digunakan untuk mengumpulkan dan merekam berbagai data yang mendukung analisis penerapan teknologi blockchain di PLTU X (Hermawan & Amirullah, 2016). Dokumentasi bertujuan untuk memperoleh bukti tertulis yang dapat

diverifikasi, seperti laporan keuangan dan hasil wawancara, guna memperkuat validitas data penelitian. Selain itu, dokumentasi juga digunakan untuk mencatat dan merekam setiap tahapan dalam simulasi berbasis Hyperledger Fabric, yang hasilnya akan disajikan secara ringkas dalam bab hasil dan pembahasan, sementara dokumentasi lengkap akan disimpan sebagai referensi pendukung analisis dan evaluasi kelayakan penerapan teknologi ini

Simulasi Hyperledger Fabric

Simulasi dilakukan untuk menguji kemampuan teknologi blockchain dalam menyimpan data dummy yang diambil dari sistem Oracle ERP berbentuk file Excel. Data dummy yang digunakan dalam simulasi mencakup semua transaksi keuangan bulan Januari 2023 yang diunduh dari modul laporan keuangan Oracle ERP dalam format Excel. Data ini merepresentasikan kompleksitas dan karakteristik transaksi di PLTU X, termasuk tanggal, jenis, dan nilai transaksi.Jaringan simulasi terdiri atas:

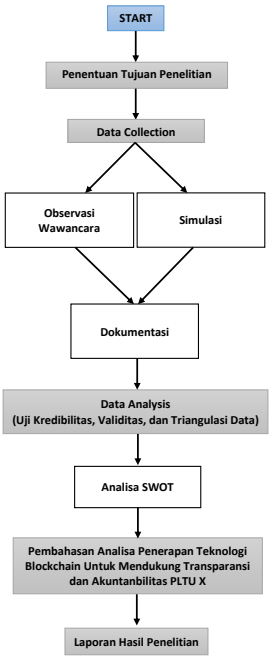
1. 1 client node: Node ini berfungsi untuk menginput data ke dalam jaringan blockchain. Data yang diinput akan diproses melalui smart contract yang telah dirancang.
2. 2 peer nodes: Node ini bertugas untuk memvalidasi data yang dikirim oleh client node. Se-tiap peer node merepresentasikan peran dua staf keuangan yang bertugas memastikan akurasi dan integritas data sebelum ditambahkan ke ledger.
3. 1 orderer node: Node ini bertanggung jawab untuk menyusun transaksi yang telah tervalidasi ke dalam blok, menentukan urutan transaksi, dan menyimpan blok tersebut ke dalam ledger.
4. 1 Hyperledger Explorer: Alat ini digunakan untuk memonitor semua aktivitas dalam jarin-gan blockchain, termasuk status transaksi, urutan blok, dan validasi hash. Hyperledger Ex-plorer memastikan bahwa data yang tersimpan bersifat immutabel (tidak dapat diubah) dan transparan, dengan menyediakan visualisasi langsung atas ledger blockchain.

Simulasi ini juga menguji latency (waktu transaksi hingga tercatat) dan memastikan keamanan akses, selain memastikan bahwa data dummy dapat tersimpan dengan baik dan bersifat immutabel serta transparan. Pengujian performa skala besar atau implementasi penuh dalam lingkungan operasional tidak termasuk dalam cakupan simulasi ini.

Analisis Data

Hasil dari observasi, wawancara, dokumentasi, dan simulasi akan dievaluasi menggunakan analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). Pendekatan ini digunakan untuk memberikan gambaran deskriptif mengenai situasi dan kondisi penerapan teknologi blockchain di PLTU X (Ibrahim & Murni, 2022), serta mengevaluasi berbagai faktor internal dan eksternal yang berperan dalam penerapannya. Analisis SWOT dilakukan dengan mempertimbangkan aspek berikut:

1. Kekuatan (Strengths): Potensi keunggulan blockchain dalam transparansi, efisiensi, dan akurasi.
2. bKelemahan (Weaknesses): Kendala teknis, biaya implementasi, serta waktu proses.
3. Peluang (Opportunities): Kesempatan untuk meningkatkan akuntabilitas pelaporan keuangan.
4. Ancaman (Threats): Tantangan regulasi dan kesiapan infrastruktur.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif eksploratif untuk memahami secara mendalam kondisi pencatatan dan pelaporan Biaya Pokok Produksi (BPP) di sebuah unit pembangkit listrik tenaga uap milik negara yang selanjutnya disebut PLTU X. Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan serta wawancara semi-terstruktur dengan tiga informan kunci yang mewakili fungsi manajerial sumber daya manusia, keuangan, dan teknologi informasi.

Hasil observasi menunjukkan bahwa pencatatan transaksi keuangan di instansi ini telah dilakukan melalui sistem Enterprise Resource Planning (ERP), yang memungkinkan pengelolaan data secara terpusat dan sistematis. Namun, untuk keperluan penyusunan laporan BPP, data dari ERP masih harus diekspor ke dalam format Excel. Proses ini dilanjutkan dengan pengisian template pelaporan secara manual, yang sudah dilengkapi dengan formula otomatis untuk menghitung nilai BPP. Template tersebut juga memiliki mekanisme deteksi kesalahan berbasis warna, misalnya sel yang berubah menjadi merah apabila terjadi ketidaksesuaian data atau logika rumus. Prosedur pelaporan masih tergolong semi-manual, khususnya karena data produksi energi listrik (dalam satuan MWh) belum terintegrasi langsung dengan sistem ERP. Hal ini menyebabkan staf operasional harus melakukan input manual, yang pada gilirannya berkontribusi pada potensi keterlambatan dan ketidaksesuaian data. Peneliti tidak diberikan akses langsung ke sistem ERP, dan oleh karena itu tidak dapat mengonfirmasi versi perangkat lunak yang digunakan. Batasan akses ini merupakan bagian dari kebijakan internal perusahaan untuk menjaga keamanan sistem.

Wawancara dengan pihak manajemen sumber daya manusia mengungkapkan bahwa akurasi dan transparansi dalam laporan keuangan sangat penting bagi pengambilan keputusan manajerial. Ketika ditemukan selisih atau ketidaksesuaian data dalam laporan, validasi ulang secara manual harus dilakukan, yang sering kali menyita waktu dan tenaga. Ia juga menyatakan bahwa sistem pencatatan yang otomatis dan real-time seperti blockchain dapat memberikan manfaat besar dalam hal kecepatan pemantauan, akurasi informasi, dan penyesuaian

target kinerja berdasarkan data aktual. Meski demikian, ia menekankan perlunya kesiapan sumber daya manusia, infrastruktur teknologi yang memadai, serta sinkronisasi dengan struktur birokrasi dan regulasi internal.

Sementara itu, wawancara dengan staf keuangan memperkuat temuan sebelumnya dengan menjelaskan bahwa proses penyusunan BPP dilakukan dengan menarik data dari ERP dan memasukkannya ke template Excel untuk dihitung secara manual. Prosedur ini memiliki risiko terhadap kesalahan input, terutama jika volume data tinggi. Meskipun tim keuangan telah menerapkan validasi berkala, kesalahan tetap mungkin terjadi. Dalam pandangannya, teknologi blockchain memiliki potensi untuk menghilangkan kesalahan-kesalahan tersebut melalui sistem pencatatan yang tidak dapat diubah (immutable) serta validasi otomatis menggunakan smart contract. Hal ini akan meningkatkan efisiensi dan integritas data keuangan secara signifikan.

Dari sisi teknologi informasi, staf IT menjelaskan bahwa meskipun sistem ERP telah mendukung pengelolaan data keuangan secara umum, integrasi penuh untuk pelaporan BPP masih terbatas. Tantangan utama berasal dari koordinasi lintas departemen yang tidak selalu efektif, serta perbedaan akun akses ERP di masing-masing unit kerja. Infrastruktur jaringan internal juga belum sepenuhnya siap untuk mendukung pengolahan data real-time dalam skala besar, karena masih terdapat keterbatasan pada bandwidth intranet serta spesifikasi perangkat keras yang digunakan. Meskipun staf IT belum sepenuhnya menguasai teknis blockchain, ia memahami bahwa teknologi ini menawarkan keunggulan dalam hal keamanan dan integritas data. Namun, ia juga menekankan pentingnya proses integrasi yang dilakukan secara bertahap agar tidak mengganggu sistem ERP yang telah berjalan stabil.

Untuk menjaga etika dan kerahasiaan institusi, seluruh identitas organisasi, nama sis-tem, serta data internal yang sensitif telah disamarkan dalam penyusunan laporan ini. Tujuan dari publikasi ini adalah untuk menyampaikan gambaran umum dan ilmiah mengenai kondisi aktual di lapangan serta mengevaluasi kelayakan penerapan teknologi blockchain dalam pelaporan keuangan, khususnya dalam konteks industri energi.

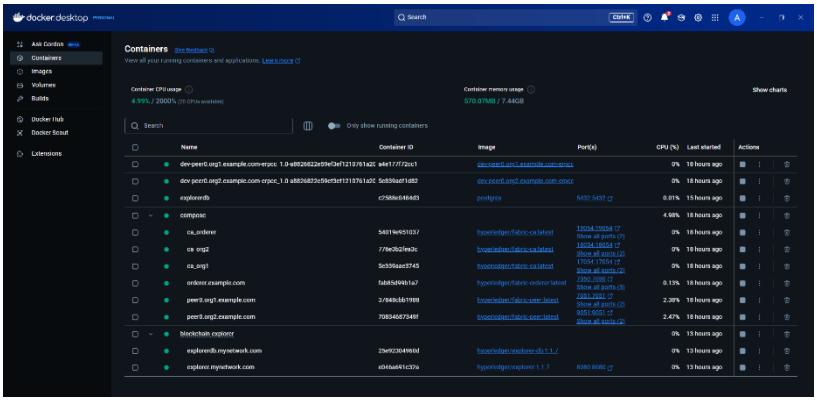
Hasil Simulasi Hyperledger Fabric

Simulasi ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana teknologi blockchain dapat digunakan untuk mencatat transaksi keuangan terkait perhitungan Biaya Pokok Produksi (BPP) secara transparan, immutable, dan dapat diaudit, dengan memanfaatkan data hasil ekspor dari sistem ERP (seperti Oracle EBS). Selain itu, simulasi ini juga bertujuan untuk menguji kelayakan penerapan blockchain sebagai sistem pencatatan tambahan (complementary ledger) yang berada di luar sistem ERP, guna memperkuat transparansi dan akuntabilitas laporan keuangan.

Simulasi penelitian ini dijalankan pada sistem operasi Windows 11 yang dikombinasi-kan dengan lingkungan Linux melalui WSL2 (Windows Subsystem for Linux) berbasis Ubuntu. Sistem file yang digunakan tetap berada dalam direktori Windows, namun diakses melalui path /mnt/d/... dari WSL, sehingga memungkinkan integrasi antara pengembangan lokal dan pemrosesan berbasis Linux. Platform blockchain yang digunakan adalah Hyperledger Fabric versi 2.2, dipilih karena kestabilan dan kompatibilitasnya dengan berbagai komponen, termasuk Hyperledger Explorer versi 1.1.7 sebagai alat visualisasi transaksi dan blok secara real-time. Jaringan blockchain terdiri atas satu node orderer (orderer.example.com), dua peer node utama (peer0.org1.example.com dan peer0.org2.example.com), tiga Certificate Authority (CA) node untuk masing-masing entitas organisasi dan orderer, serta satu instance Hyperledger Explorer yang terhubung ke database PostgreSQL (explorerdb.mynetwork.com).

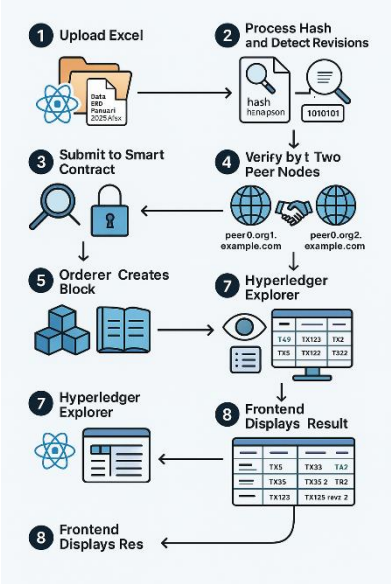
Bahasa pemrograman yang digunakan dalam backend adalah Node.js versi 16.20.2 dan npm versi 8.19.4, dengan Docker Engine versi 26.1.3 serta Docker Compose versi 2.32.4 sebagai

pengelola container untuk menjalankan seluruh jaringan. Backend dikembangkan menggunakan framework Express.js dan dijalankan pada port 3000, menyediakan sejumlah endpoint REST seperti /import, /getTransaction/:id, /all-transactions, dan /blocks. File Excel ERP dibaca menggunakan pustaka xlsx, kemudian setiap baris data dikonversi menjadi format JSON dan di-hash menggunakan algoritma SHA-256. Hasil hash ini dibandingkan dengan file hashmap.json untuk mendeteksi transaksi baru atau revisi, sebelum dikirim dan disimpan ke dalam ledger blockchain melalui chaincode erpcc pada channel mychannel. Setiap transaksi dicatat dengan ID unik, waktu proses dicatat ke dalam latency-log.csv, dan status transaksi (Original atau Revisi) ditentukan secara otomatis.



Gambar 2. Tampilan Docker Desktop

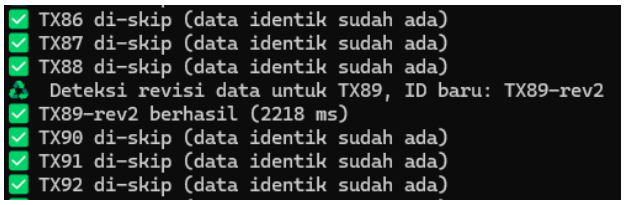
Untuk antarmuka pengguna, digunakan frontend berbasis React.js yang berjalan pada port 3001, menampilkan data transaksi yang diperoleh dari endpoint backend, serta menyediakan fitur ekspor PDF menggunakan pustaka jspdf dan autotable. Sistem ini juga dilengkapi dengan status visual yang menunjukkan apakah sebuah transaksi merupakan data baru atau hasil revisi berdasarkan pola nama txID. Data utama simulasi berasal dari file Data ERP Januari 2023.xlsx yang disimpan dalam direktori lokal D:/02. S2 MANAJEMEN/.../BLOCKCHAIN/ dan diakses melalui WSL2. Tools pendukung yang digunakan dalam pengujian dan pemantauan adalah Postman untuk uji coba endpoint REST API, Docker Desktop untuk monitoring container aktif, serta Hyperledger Explorer sebagai dashboard visual transaksi dan blok blockchain. Secara keseluruhan, topologi jaringan simulasi terdiri atas satu client node (backend), dua peer nodes, satu orderer node, tiga CA node, dan satu Explorer node, dengan arsitektur yang mencerminkan penerapan blockchain dalam skenario industri yang terdesentralisasi dan terverifikasi.



Gambar 3. Arsitektur sistem simulasi blockchain

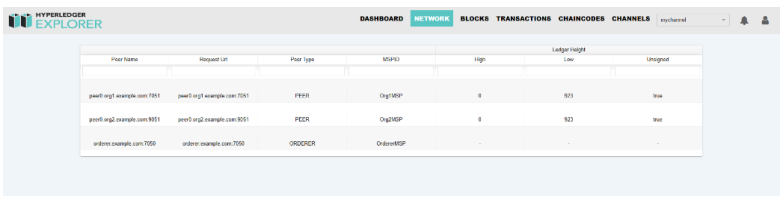
Simulasi ini dimulai dari proses export data transaksi keuangan dari sistem ERP Oracle EBS. Data tersebut berupa file Excel yang berisi informasi transaksi selama bulan Januari 2023, termasuk kolom: Effective Date, Posting Date, Operating Unit, Batch Name, JE Name, Description, dan Net. File Excel ini berfungsi sebagai sumber data dummy untuk disimpan dalam jaringan blockchain.

Langkah pertama dimulai ketika file Excel tersebut diunggah melalui endpoint backend (POST /import) menggunakan Postman atau antarmuka pengguna lainnya. File Excel kemudian dibaca oleh backend menggunakan library xlsx, dan setiap baris data diekstrak menjadi objek JSON. Setelah data diekstrak, setiap transaksi akan dihitung hash-nya berdasarkan isi data transaksi. Hash ini digunakan untuk mendeteksi apakah transaksi sudah pernah diunggah sebelumnya (menghindari duplikasi). Proses ini memanfaatkan file hashmap.json untuk menyimpan riwayat hash dari transaksi yang sudah pernah disimpan. Jika hash ditemukan berbeda (menandakan revisi), maka sistem akan menambahkan versi revisi seperti TX5-rev2.



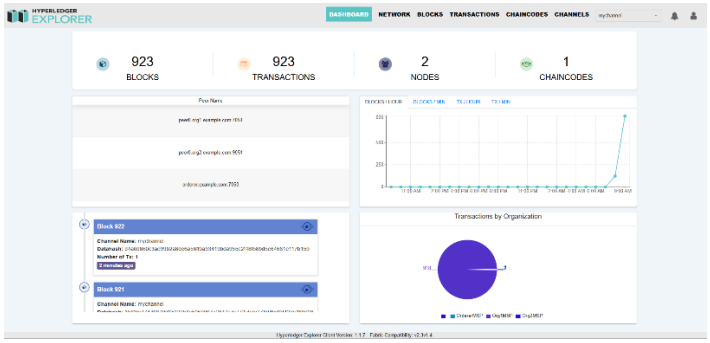
Gambar 4. Tampilan Deteksi revisi

Transaksi yang lolos validasi hash kemudian dikirim ke smart contract (erpcc) di jaringan Hyperledger Fabric melalui fungsi contract.submitTransaction('createTransaction', ...). Chaincode akan menyimpan data transaksi tersebut ke dalam ledger blockchain setelah mendapat endorsement dari dua peer node (peer0.org1 dan peer0.org2).



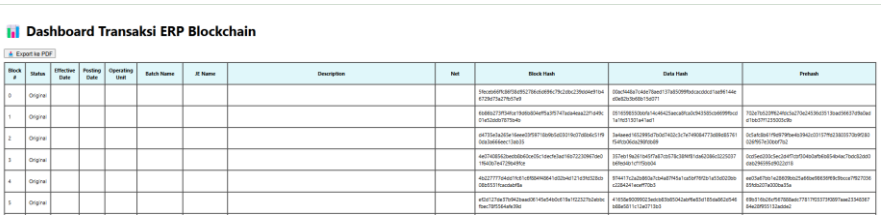
Gambar 5. Tampilan Network simulasi

Setelah divalidasi, transaksi akan dikemas oleh orderer node menjadi sebuah blok dan disimpan secara permanen di ledger. Semua transaksi yang telah disimpan dapat dimonitor menggunakan Hyperledger Explorer, yang menampilkan status transaksi, hash blok, dan urutan blok secara transparan dan real-time.



Gambar 6. Tampilan Dasboard Hyperledger Explorer

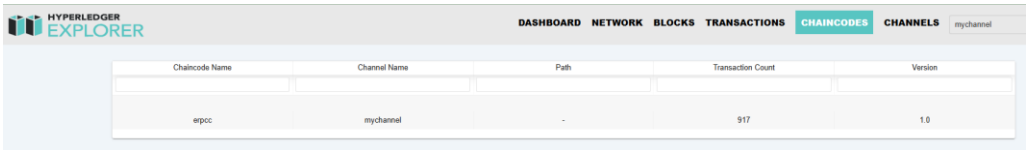
Selain itu, backend juga menyediakan endpoint seperti GET /transactions dan GET /blocks untuk mengambil semua data transaksi beserta metadata bloknya (block hash, data hash, previous hash). Data ini kemudian ditampilkan di frontend React dalam bentuk tabel dinamis. Setiap transaksi akan ditandai apakah itu data original atau revisi berdasarkan struktur txID. Untuk menyelesaikan alur sistem, pengguna bisa menekan tombol "Export PDF", yang akan memanggil API backend untuk mengkonversi tabel transaksi menjadi file PDF. Proses ini menggunakan pustaka seperti pdfkit atau puppeteer untuk merender laporan keu-angan digital yang berasal dari data blockchain.



Gambar 7. Tampilan Frontend simulasi Blockchain

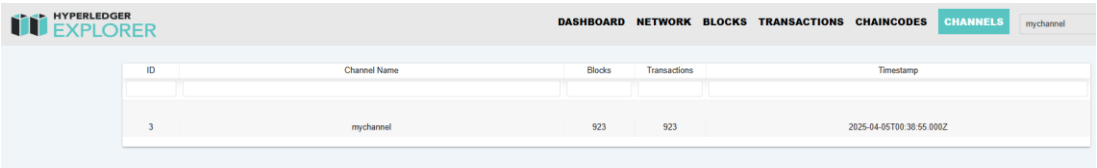
Interprestasi Hasil

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat diinterpretasikan bahwa pen-erapan teknologi blockchain melalui platform Hyperledger Fabric memiliki potensi besar untuk meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan integritas dalam pencatatan transaksi keuangan ERP, khususnya pada laporan Biaya Pokok Produksi (BPP). Simulasi berhasil mencatat sebanyak 917 transaksi ke dalam ledger blockchain secara immutable, dengan sistem yang mampu secara otomatis mendeteksi adanya perubahan atau revisi data menggunakan metode hashing SHA-256, serta mencegah duplikasi transaksi yang sama. Proses verifikasi transaksi oleh dua peer node serta pengurutan blok oleh orderer node berjalan dengan baik, menunjuk-kan bahwa arsitektur jaringan telah mendukung alur data ERP secara terstruktur dan terdesen-tralisasi.



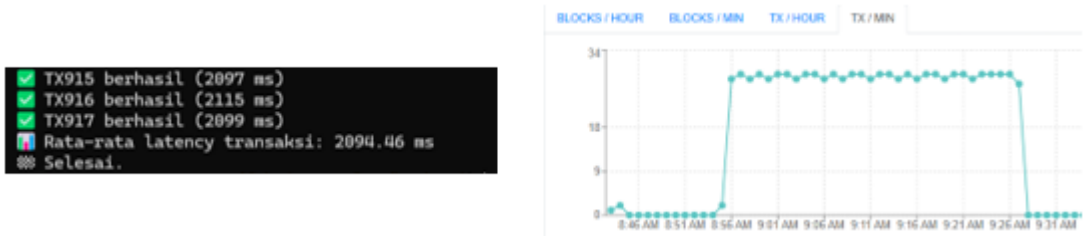
Gambar 8. Tampilan 917 transaksi pada smartcontract

Dalam hasil pemantauan melalui Hyperledger Explorer, tercatat bahwa total blok yang terbentuk mencapai 923 blok. Selisih enam blok dari jumlah transaksi tersebut dapat dijelaskan sebagai bagian dari proses awal pembuatan jaringan, yakni pembentukan Genesis Block dan beberapa blok tambahan yang dihasilkan selama inisialisasi jaringan, deployment smart con-tract (erpcc), dan interaksi pengujian awal sebelum transaksi produktif dimulai. Blok-blok ini tidak memuat data transaksi ERP, namun tetap tercatat dalam ledger karena Hyperledger Fab-ric secara otomatis membungkus setiap interaksi jaringan yang berhasil menjadi satu blok baru, meskipun payload-nya kosong.



Gambar 9. Tampilan 923 transaksi pada jaringan simulasi

Melalui dashboard Hyperledger Explorer pada gambar 4, seluruh transaksi yang valid dapat dipantau secara visual dan transparan, termasuk metadata seperti block hash, data hash, prehash, dan waktu pencatatan. Selain itu, frontend berbasis React juga berhasil menyajikan data secara real-time dan interaktif, dilengkapi dengan indikator status transaksi (Original atau Revisi) yang memudahkan proses audit dan analisis pelacakan data. Dengan latensi rata-rata yang dicapai dalam simulasi ini adalah sekitar 2 detik per transaksi, sebagaimana dicatat pada pengujian lokal (localhost) menggunakan Docker dan Hyperledger Fabric. Nilai ini tergolong optimal dalam lingkungan yang terkontrol. Namun, dalam implementasi nyata di lingkungan produksi yang bersifat terdistribusi, latensi dapat meningkat secara signifikan akibat faktor jaringan, beban pemrosesan peer/orderer node, serta keterlibatan sistem eksternal seperti ERP. Oleh karena itu, hasil simulasi ini hanya menggambarkan potensi performa optimal sistem dan perlu disesuaikan dengan konteks operasional sebenarnya.



Gambar 10. Latensi Transaksi

Namun demikian, hasil ini juga menegaskan bahwa integrasi langsung dengan sistem ERP (seperti Oracle EBS) masih menjadi tantangan utama yang harus dijawab di masa depan. Tanpa integrasi real-time, sistem blockchain masih berperan sebagai sistem pencatatan pelengkap (complementary ledger), bukan sebagai sistem utama dalam rantai pemrosesan

keuangan. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan lebih lanjut seperti pengembangan middleware atau integrasi API agar proses pencatatan dapat berjalan otomatis dan berkesinambungan dalam siklus laporan keuangan perusahaan.

Dokumentasi Data

Dokumentasi data dalam penelitian ini mencakup tiga sumber utama: observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi visual dari simulasi blockchain. Dokumentasi ini berfungsi untuk menunjukkan keterlacakan (traceability) dan keabsahan data yang digunakan dalam pengujian sistem. Observasi lapangan dilakukan untuk memahami alur aktual pencatatan keuangan dan penghitungan biaya produksi di PLTU X. Data transaksi keuangan masih diolah secara manual melalui file spreadsheet yang diekspor dari sistem ERP (Enterprise Resource Planning). Format data tersebut menjadi basis dalam proses integrasi ke jaringan blockchain guna menguji stabilitas dan kemampuan pencatatan transaksi secara immutable.

88	Spreadsheet	IP Energy Primer	31-Jan-23	M.029/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy	Pemakaian Batubara_Januari 2023_961 T_29/01/2023	IDR	577,155,864.00
89	Spreadsheet	IP Energy Primer	31-Jan-23	M.030/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy	Pemakaian Batubara_Januari 2023_957 T_30/01/2023	IDR	575,982,091.00
90	Spreadsheet	IP Energy Primer	31-Jan-23	M.031/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy	Pemakaian Batubara_Januari 2023_957 T_31/01/2023	IDR	577,018,296.00
91	Spreadsheet	IP Energy Primer	31-Jan-23	M.001/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy	Pemakaian Batubara_Januari 2023_1084 T_01/01/2023	IDR	587,940,852.00
92	Spreadsheet	IP Energy Primer	31-Jan-23	M.002/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy	Pemakaian Batubara_Januari 2023_1098 T_01/01/2023	IDR	595,534,187.00

Gambar 11. Format Data Excel untuk Simulasi

Hasil wawancara dengan pihak manajemen dan staf keuangan menguatkan temuan observasi. Staf Keuangan (SK) menyatakan, "*Proses pencatatan masih dilakukan secara manual menggunakan Excel, sehingga sangat rawan terjadi kesalahan input dan keterlambatan validasi.*" Hal ini menunjukkan bahwa sistem pencatatan yang ada belum didukung oleh sistem audit yang mampu menjamin integritas data secara menyeluruh secara otomatis. Oleh karena itu, penggunaan blockchain memiliki potensial sebagai sistem pelengkap untuk mendukung transparansi dan pelacakan historis transaksi. Dalam proses simulasi, setiap transaksi dari file Excel dikonversi menjadi objek JSON, kemudian diproses melalui smart contract dan dicatat ke dalam ledger blockchain. Gambar berikut memperlihatkan struktur data asli transaksi TX89, yang berisi elemen penting seperti tanggal efektif, unit operasi, deskripsi transaksi, dan nilai bersih (Net). Format ini menunjukkan bagaimana data disiapkan sebelum dicatat ke dalam ledger blockchain.


```
{
    "blockNumber": "94",
    "blockHash": "e3d6c4d4599e08882384ca981ee287ed961fa5f3828e2adb5e9ea898ab0d0625",
    "previousHash": "afd50dbffc1c81859cf9850d5796832af4d2aecb98b8d0e0b63a8625037c8e07",
    "dataHash": "92896785edbb4ae51eec581485fd37b226aaacaff7797b8cf1338883d206ac8a",
    "txCount": 1,
    "transactions": [
        {
            "txID": "5ca8678df0564f386c5197e51eb7ec2c5d05f2123dbcd1798e1af84b6cbe634d",
            "args": [
                "createTransaction",
                "TX89",
                "2023-01-31",
                "2023-02-01",
                "PLTU X",
                "1516-Pemakaian Batubara Spreadsheet A 4653968",
                "M.031/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy Primer IDR",
                "Pemakaian Batubara_Januari 2023_957 T_31/01/2023",
                "577018296"
            ],
            "blockNumber": 94
        }
    ]
```


Gambar 12. Transaksi TX89 dalam format JSON

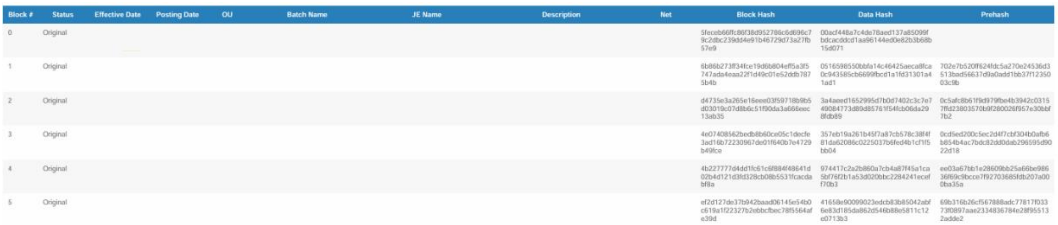
Ketika terjadi perubahan pada isi transaksi yang sama, sistem secara otomatis mengenali perbedaan hash dan mencatat transaksi tersebut sebagai revisi baru. Gambar berikut menunjukkan pencatatan revisi dengan ID TX89-rev2 yang dimasukkan ke dalam block ke-923. Proses ini membuktikan bahwa sistem mampu mencatat histori perubahan data tanpa menghapus data sebelumnya — sesuai prinsip *immutable ledger*. Validasi keberhasilan pencatatan transaksi dapat ditelusuri melalui tampilan Hyperledger Explorer. Gambar berikut

memperlihatkan metadata dari block ke-923, yang berisi informasi waktu pencatatan, block hash, data hash, dan prehash. Keberadaan prehash memastikan keterhubungan antar blok secara berurutan, yang menjadi fondasi integritas data dalam sistem blockchain.

```
{
    "blockNumber": "923",
    "blockHash": "b5a9ede9a93528be3e12c5665c179c2dc0e2648aa6f1b1650f3715e56dad8bec",
    "previousHash": "086bc5b14bc0d144e85629e16526e09f97417f619087728c6236e3d7384e41ec",
    "dataHash": "6a81fba03d11a34fbef6b410e38959d55559c51f6ba1fc46b8b4253416841765",
    "txCount": 1,
    "transactions": [
        {
            "txID": "76e604494afc723051627dd9e4d24ef8affdb591e7bcbf4c091f1e1642574d1b",
            "args": [
                "createTransaction",
                "TX89-rev2",
                "2023-01-31",
                "2023-02-01",
                "PLTU X",
                "1516-Pemakaian Batubara Spreadsheet A 46533968",
                "M.031/1516-Pemakaian Batubara Januari 23 IP Energy Primer IDR",
                "Pemakaian Batubara_Januari 2023_957 T_31/01/2023",
                "577018297"
            ],
            "blockNumber": 923
        }
    ]
```


Gambar 13. Transaksi revisi TX89-rev2 tercatat sebagai entri baru di block 923

Setelah seluruh transaksi berhasil diunggah dan dicatat ke jaringan blockchain, sistem menyediakan fitur ekspor ke format PDF untuk kebutuhan pelaporan atau audit digital. Gambar 11 berikut menampilkan hasil konversi dari frontend React dalam bentuk dashboard transaksi yang sudah di-*generate* ke dalam file PDF. Tampilan ini menyajikan informasi penting seperti status transaksi, nilai bersih (*Net*), serta hash setiap blok, yang semuanya bersifat immutable dan dapat ditelusuri kembali melalui blockchain.



Gambar 14. Tampilan PDF hasil ekspor dari dashboard React yang mencerminkan pencatatan transaksi blockchain

Dokumentasi ini secara jelas menunjukkan bahwa seluruh data yang tercatat dalam sistem telah melalui proses digitalisasi yang terstruktur, validasi yang sistematis, serta memiliki kemampuan untuk ditelusuri kembali secara menyeluruh melalui jejak digital yang terekam di dalam jaringan blockchain. Dengan pendekatan tersebut, teknologi blockchain mampu berperan sebagai sistem pencatatan tambahan yang komplementer terhadap sistem ERP yang sudah ada, sekaligus memperkuat transparansi, akuntabilitas, dan integritas dalam penyusunan dan pelaporan data keuangan perusahaan secara menyeluruh.

Analisa Data (Triangulasi dan Validasi)

Dalam konteks penelitian yang bersifat analisa sistem konkret seperti penerapan blockchain di PLTU, pendekatan triangulasi metodologis menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan benar-benar valid, andal, dan dapat dipertanggungjawabkan. Triangulasi adalah metode pengujian keabsahan data dengan memanfaatkan lebih dari satu pendekatan untuk memperoleh informasi. Triangulasi bukan hanya bertujuan mencari kebenaran objektif tunggal, tetapi untuk memperkaya perspektif terhadap fenomena yang kompleks. Penelitian ini menggunakan tiga pendekatan utama dalam triangulasi, yaitu:

Observasi

Observasi dilakukan di lingkungan operasional PLTU , terutama pada proses pencata-tan Biaya Pokok Produksi (BPP). Hasil observasi menunjukkan adanya praktik semi-manual dalam proses pengambilan data dari ERP dan input ke dalam Excel, yang sangat rawan kesala-han manusia.

Wawancara Semi-Terstruktur

Menggunakan pendekatan teori wawancara dari Miles & Huberman (2014), wawancara dilakukan terhadap tiga informan kunci berikut:

1. Manajer SDM menyatakan, "Ketika data yang disajikan dalam laporan keuangan tidak akurat dan transparan, hal ini dapat mengakibatkan gap antara realisasi dan pencatatan. Kondisi tersebut sangat memengaruhi pengambilan keputusan dalam upaya menekan biaya yang tidak perlu serta meningkatkan margin keuntungan."
2. Staf Keuangan menjelaskan, "Karena proses pengolahan data BPP masih manual dengan Excel, maka risiko kesalahan input dan keterlambatan pelaporan cukup tinggi. Blockchain dapat menjadi solusi untuk menciptakan sistem pelaporan yang lebih efisien dan akurat."
3. Staf Teknologi Informasi (TI) menyampaikan, "Integrasi antar sistem masih terbatas, dan infrastruktur jaringan internal belum sepenuhnya mendukung pengolahan data secara real-time. Jika blockchain ingin diterapkan, perlu ada peningkatan koneksi dan perangkat keras."

Teori dasar wawancara dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kontekstual (Contextual Interview) yang berfokus pada situasi kerja aktual responden. Hasil wawancara dianalisis menggunakan teknik koding terbuka dan kategorisasi tematik.

Dokumentasi

Dokumentasi visual dan digital (format Excel, JSON data, tampilan dashboard Hyperledger) digunakan untuk memperkuat hasil observasi dan wawancara. Dokumentasi ini menjadi bukti bahwa sistem blockchain mampu mengelola transaksi dengan hash identifikasi unik yang immutable dan transparan.

Analisa SWOT

Tabel 2. SWOT Internal (Strengths & Weaknesses)

Faktor Internal	Keterangan Detail	Bobot	Rating	Skor
S1: Data transaksi immutable	Semua transaksi tercatat secara permanen, tidak bisa diubah, dan dapat diaudit.	0.25	4	1.00
S2: Audit trail otomatis via hash	Memungkinkan pencatatan revisi (misal: TX89-rev2) tanpa kehilangan data sebelumnya.	0.20	3	0.60
S3: Kompatibel dengan ERP Oracle	Blockchain berbasis Hyperledger dapat berjalan sebagai complementary ledger tanpa gangguan sistem ERP.	0.15	3	0.45
W1: SDM belum paham blockchain	Hanya staf TI yang memahami konsep dasar blockchain, belum ada pelatihan lintas departemen.	0.20	2	0.40
W2: Belum terintegrasi real-time	Integrasi data dari ERP ke blockchain masih bersifat manual via Excel.	0.10	2	0.20
W3: Biaya awal tinggi	Biaya infrastruktur, pelatihan, dan integrasi sistem cukup signifikan.	0.10	2	0.20
TOTAL		**1.00**		**2.85**

Sumber: Data primer diolah peneliti

Tabel 3. SWOT Eksternal (Opportunities & Threats)

Faktor Internal	Keterangan Detail	Bobot	Rating	Skor
O1: Regulasi digitalisasi BUMN	Dukungan kebijakan menuju sistem transparan dan digital (GCG, SDGs 9) membuka peluang implementasi sistem blockchain.	0.30	4	1.20
O2: Potensi efisiensi audit & BPP	Blockchain dapat mempercepat audit laporan dan hitung BPP yang sebelumnya rawan salah input.	0.25	3	0.75
O3: Dukungan sistem ERP modern	ERP Oracle EBS memungkinkan ekspor data dan integrasi API ke sistem eksternal.	0.15	3	0.45
T1: Infrastruktur belum siap	Jaringan intranet dan hardware lokal belum mendukung pengolahan data real-time skala besar.	0.15	2	0.30
T2: Regulasi belum spesifik	Tidak ada kebijakan khusus penggunaan blockchain di sektor energi milik negara.	0.10	2	0.20
T3: Resistensi dari struktur birokrasi	Beberapa stakeholder masih skeptis terhadap perubahan sistem pencatatan tradisional.	0.05	1	0.05
TOTAL		**1.00**		**2.95**

Sumber: Data primer diolah peneliti

Hasil Analisa SWOT Kuantitatif

Skor Kekuatan – Kelemahan (Internal): 2.85
Skor Peluang – Ancaman (Eksternal): 2.95
Skor berada di atas 2.5 untuk keduanya → Strategi SO (Strength–Opportunity): Strategi agresif dan ekspansi system

Tabel 4. Matriks TOWS – Strategi Integrasi Blockchain pada Sistem PLTU X

	Peluang (O)	**Ancaman (T)**
Kekuatan (S)	**Strategi SO (Agresif)** → *Gunakan kekuatan untuk memanfaatkan peluang* 1. Manfaatkan audit trail blockchain untuk memenuhi prinsip GCG dan SDGs 9. 2. Buat dashboard laporan BPP real-time dari data blockchain sebagai alat bantu manajemen keuangan. 3. Kembangkan integrasi ERP–Blockchain melalui API/middleware untuk dukung transformasi digital BUMN.	**Strategi ST (Diversifikasi)** → *Gunakan kekuatan untuk mengatasi ancaman* 1. Dokumentasikan sistem blockchain sebagai "best practice" untuk audit dan rekomendasi kebijakan pemerintah. 2. Tawarkan dashboard audit blockchain sebagai bukti transparansi ke regulator. 3. Lakukan uji coba terbatas (pilot project) untuk hindari resistensi birokrasi.
Kelemahan (W)	**Strategi WO (Pemulihan)** → *Minimalkan kelemahan untuk menangkap peluang* 1. Lakukan pelatihan internal untuk semua unit ERP terkait blockchain. 2. Kolaborasi dengan perguruan tinggi atau konsultan TI untuk menurunkan biaya pelatihan dan integrasi. 3. Jadwalkan workshop teknis dan FGD untuk menjembatani gap pengetahuan lintas departemen.	**Strategi WT (Defensif)** → *Minimalkan kelemahan dan hindari ancaman* 1. Buat roadmap integrasi bertahap dimulai dari modul kecil sebelum integrasi penuh. 2. Sediakan dokumentasi prosedural yang jelas untuk pengguna non-teknis. 3. Siapkan RAB dan studi kelayakan teknis sebagai bahan advokasi kebijakan regulasi.

Sumber: Data primer diolah peneliti

Rekomendasi Strategi dari Matriks SWOT

Strategi SO (Agresif – Maksimalkan kekuatan untuk raih peluang)

a. Kembangkan middleware/API gateway agar data ERP bisa masuk otomatis ke blockchain.
b. Buat dashboard audit realtime agar pimpinan dapat akses langsung ke data immutable.
c. Jadwalkan pelatihan rutin dan bersertifikat untuk SDM operasional & keuangan.

Strategi ST (Menggunakan kekuatan untuk menghadapi ancaman)

a. Gunakan Hyperledger Explorer dan PDF audit sebagai bukti transparansi ke regulator.
b. Dokumentasikan semua proses teknis sebagai blueprint integrasi untuk audit BUMN.

Strategi WO (Minimalkan kelemahan untuk meraih peluang)

a. Kolaborasi dengan universitas/mitra TI untuk menghemat biaya pelatihan dan implementasi awal.
b. Buat modul pelatihan blockchain praktis untuk tim ERP & manajer SDM.

Strategi WT (Defensif – Minimalisir kelemahan dan hindari ancaman)

a. Simulasikan uji coba integrasi terbatas sebelum full-scale deployment.
b. Siapkan studi kelayakan regulasi dan kebijakan untuk diusulkan ke kementerian.

Simpulan & Saran

Penerapan teknologi blockchain berbasis platform Hyperledger Fabric menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan transparansi dan akuntabilitas sistem pencatatan keuangan di PLTU X, terutama dalam aspek pelaporan Biaya Pokok Produksi (BPP). Berdasarkan hasil simulasi, teknologi blockchain terbukti mampu merekam transaksi secara tidak dapat diubah (immutable), menyediakan jejak audit (audit trail) untuk setiap revisi data, serta secara otomatis mendeteksi perubahan nilai melalui sistem hash. Meskipun demikian, sistem simulasi yang digunakan dalam penelitian ini belum terintegrasi langsung dengan ERP Oracle EBS karena keterbatasan akses, sehingga data yang dianalisis merupakan hasil ekspor dalam format Excel, bukan melalui koneksi API secara real-time. Selain itu, penghitungan BPP masih dilakukan secara manual tanpa dukungan aplikasi akuntansi otomatis, karena fokus utama penelitian ini terletak pada transparansi pencatatan dan pelacakan perubahan data, bukan pada akurasi penghitungan biaya.

Simulasi ini juga menggunakan data dummy yang telah disusun sedemikian rupa agar menyerupai data aktual, sehingga tetap mencerminkan kondisi operasional secara representatif. Implementasi audit trail dalam sistem ini masih terbatas pada pencatatan hash dan belum mencakup aspek keamanan yang lebih luas, seperti autentikasi pengguna maupun pencatatan log aktivitas. Meskipun terdapat keterbatasan tersebut, hasil analisis SWOT kuantitatif menunjukkan skor kekuatan dan peluang yang tinggi, yaitu masing-masing sebesar 2,85 dan 2,95, yang mendukung penggunaan strategi agresif (Strength–Opportunity) dalam memanfaatkan kekuatan internal untuk menangkap peluang eksternal, seperti tren digitalisasi dan tuntutan penerapan prinsip Good Corporate Governance (GCG).

Strategi yang diusulkan melalui analisis TOWS mencakup pengembangan middleware an-tara ERP dan blockchain, peningkatan kapasitas sumber daya manusia lintas divisi, serta pem-bangunan sistem dashboard audit digital yang bersifat real-time dan akuntabel. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan literatur dalam bidang teknologi keuangan sektor energi, dan menunjukkan bahwa penerapan blockchain layak untuk diimplementasikan baik secara teknis maupun strategis. Untuk tahap implementasi di masa mendatang, direkomendasikan agar proses integrasi dilakukan secara bertahap dan adaptif, dengan mempertimbangkan kesiapan infrastruktur, kepatuhan terhadap regulasi, serta sinergi antar pemangku

kepentingan, sehingga teknologi blockchain dapat menjadi solusi strategis dalam memperkuat sistem pelaporan keuangan yang efisien, aman, dan kredibel pada badan usaha milik negara, termasuk PLTU X.

Hasil simulasi juga menunjukkan bahwa transparansi tercermin dari kemampuan sistem blockchain dalam menyajikan informasi secara terbuka dan real-time, di mana setiap perubahan data tercatat secara otomatis dan dapat diakses oleh pihak yang berwenang. Fitur traceability mendukung akuntabilitas karena memungkinkan pelacakan setiap transaksi ke sumber asalnya, sehingga pertanggungjawaban atas setiap tindakan atau perubahan dapat ditelusuri secara jelas. Sementara itu, sifat immutable dari blockchain menjamin bahwa data yang telah tercatat tidak dapat diubah secara sepihak, sehingga menciptakan sistem yang audit-ready dan mendukung auditabilitas secara menyeluruh. Dengan demikian, meskipun sistem simulasi ini masih bersifat prototipe dan belum terintegrasi penuh dengan infrastruktur ERP yang ada, prinsip-prinsip GCG telah terinternalisasi dalam desain teknologi yang diuji, memperkuat dasar strategis untuk implementasi jangka panjang yang lebih luas dan komprehensif.

Saran Penelitian Selanjutnya, untuk mengatasi keterbatasan yang ada dan meningkatkan kontribusi penelitian di masa mendatang, disarankan agar:

1. Dilakukan uji coba langsung di lingkungan operasional PLTU X dengan melibatkan pengguna dari berbagai divisi terkait, seperti keuangan, teknologi informasi, dan manajemen. Hal ini penting untuk menguji efektivitas sistem blockchain secara menyeluruh dalam kondisi nyata, termasuk dalam hal penerimaan pengguna (user acceptance), keandalan sistem, serta efisiensi operasional.
2. Mengembangkan dan menguji integrasi langsung antara sistem blockchain dan ERP Oracle EBS melalui API agar dapat merepresentasikan proses pertukaran data secara real-time. Pendekatan ini akan memberikan gambaran yang lebih akurat terkait kelayakan teknis dan tantangan integrasi lintas sistem.
3. Mengimplementasikan fitur keamanan tambahan, seperti autentikasi pengguna, otorisasi akses, dan pencatatan log aktivitas (activity log), untuk memastikan sistem blockchain yang dikembangkan dapat memenuhi standar keamanan dan kepatuhan yang berlaku di sektor energi, khususnya pada badan usaha milik negara.
4. Memperluas cakupan penelitian pada aspek akurasi perhitungan biaya, termasuk dengan mengintegrasikan modul akuntansi otomatis ke dalam sistem simulasi, agar evaluasi sistem tidak hanya terbatas pada transparansi dan auditabilitas, tetapi juga pada efektivitas dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data keuangan yang akurat.

Dengan pengembangan lebih lanjut pada aspek teknis, operasional, dan keamanan, penelitian lanjutan diharapkan dapat memberikan landasan yang lebih kuat untuk penerapan blockchain dalam sistem pelaporan keuangan yang efisien, transparan, dan terpercaya di sektor energi maupun sektor publik lainnya.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dicermati untuk interpretasi hasil yang lebih tepat dan sebagai acuan dalam penelitian lanjutan. Salah satu keterbatasan utama adalah belum dilakukannya uji coba langsung di lingkungan operasional PLTU X. Simulasi penerapan teknologi blockchain berbasis Hyperledger Fabric hanya dilakukan dalam lingkungan tertutup menggunakan data dummy yang disusun agar menyerupai kondisi aktual. Meskipun data tersebut dirancang untuk mencerminkan proses pencatatan Biaya Pokok Produksi (BPP) secara representatif, tidak adanya pengujian langsung terhadap sistem aktual dan pengguna sesungguhnya di lapangan membatasi validitas praktis dan generalisasi hasil penelitian.

Selain itu, keterbatasan akses terhadap sistem ERP Oracle EBS menyebabkan integrasi blockchain tidak dapat diuji secara real-time melalui koneksi API. Sebagai gantinya, data keu-

angan diperoleh dalam bentuk ekspor Excel, yang tidak sepenuhnya mencerminkan kompleksitas aliran data dan interaksi sistem dalam kondisi nyata. Proses penghitungan BPP juga masih dilakukan secara manual tanpa dukungan modul akuntansi otomatis, yang berarti efektivitas blockchain dalam konteks otomatisasi proses belum dapat dinilai secara menyeluruh.

Terakhir, keterbatasan dalam fitur keamanan sistem, seperti tidak adanya autentikasi pengguna dan pencatatan log aktivitas, membuat simulasi ini belum mencakup aspek-aspek penting yang krusial dalam sistem pencatatan keuangan di lingkungan korporat yang sebenarnya.

References

Aksi Bersama Wujudkan 17 SDGs. (n.d.).

Androulaki, E., Cachin, C., Ferris, C., Barger, A., & Christidis, K. (2022). Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. EuroSys '18: Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference, 125–147.

Ariati, I., & Rudianto, D. (2024). Dampak Blockchain dalam Manajemen Keuangan pada Perusahaan Fintech. Journal of Economics and Business UBS, 13(2), 566–576. https://doi.org/10.52644/joeb.v13i2.1558

Bao, J., He, D., Luo, M., & Choo, K.-K. R. (2020). A Survey of Blockchain Applications in the Energy Sector. IEEE Systems Journal, 15(3), 3370–3381. https://doi.org/10.1109/jsyst.2020.2998791

Dashkevich, N., Counsell, S., & Destefanis, G. (2024). Blockchain Financial Statements: Innovating Financial Reporting, Accounting, and Liquidity Management. Future Internet, 16(7). https://doi.org/10.3390/fi16070244

Diasca, Y., Putri, S. I. A., Septiani, S. A., Fatimah, S., Al Amri, U., Marsa, V. U. M., & Gunawan, A. (2021). Tinjauan Teknologi Blockchain Dalam Audit Cryptocurrency. Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, 1150–1155.

Fernando, Y., & Saravannan, R. (2021). Blockchain Technology: Energy Efficiency and Ethical Compliance. Journal of Governance and Integrity, 4(2), 88–95. https://doi.org/10.15282/jgi.4.2.2021.5872

G20/OECD Principles of Corporate Governance. (n.d.).

Golosova, J., Romanovs, A., & Kunicina, N. (2019). Review of the Blockchain Technology in the Energy Sector. Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, AIEEE 2019 - Proceedings of the 7th IEEE Workshop, 2019-Novem. https://doi.org/10.1109/AIEEE48629.2019.8977128

Guide, A. P., Imane, L., Noureddine, M., Driss, S., & Hanane, L. (2024). Towards Blockchain-Integrated Enterprise Resource Planning :

Hardjanto, R. W. (2022). Digital Economy and Blockchain Technology Using the SWOT Analysis Model. International Journal of Innovative Science and Research Technology, 7(2), 513–520.

Haryanti, H., & Saputra, E. P. (2022). Pengolahan Data Akuntansi Keuangan Pada PT. Aldimana Solusi Teknologi Menggunakan Accurate Online Versi 1.0.0. Artikel Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi, 2(2), 177–185. https://doi.org/10.31294/akasia.v2i2.1439

Hermawan, S., & Amirullah. (2016). METODE PENELITIAN BISNIS Pendekatan Kuantitatif & Kualitatif.

Herwanto, R., Purbo, O. W., & Sriyanto, S. (2020). Membandingkan Performa Antara Hyperledger Dan Mysql. Jurnal Informatika, 20(1), 89–100. https://doi.org/10.30873/ji.v20i1.1816

HM, A. D. M., & Junianti, S. A. (2023). Penerapan Teknologi Blockchain Dalam Sistem Informasi Akuntansi. Jawara Sistem Informasi, 1(1), 1–12.

Ibrahim, N. S., & Murni, S. (2022). Analisis Swot Dalam Meningkatkan Penjualan Produk Revlon Di Matahari Manado Town Square Swot Analysis in Increasing Revlon Product Sales in the Matahari Manado Town Square. J. Ogi 267 Jurnal EMBA, 10(4), 267–274.

Iqbal, M., & Syafitri, A. (2024). Analisis GCG Dalam Meningkatkan Kinerja Keuangan PT . PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara. 2(1), 302–311.

Isbaih, S., Al Noman, H., Aljarwan, A., Al Owais, I., Yosry, A., & Bahroun, Z. (2024). Blockchain in Enterprise Resource Planning Systems: a Comprehensive Review of Emerging Trends, Challenges, and Future Perspectives. Management Systems in Production Engineering, 32(4), 571–586. https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0055

Kesumah, H. F. (2022). Analisis Implementasi Good Corporate Governance (GCG) (Kasus Pada PT Industri Telekomunikasi Indonesia (persero)). Journal of Entrepreneurship, Management and Industry (JEMI), 4(3), 91–102. https://doi.org/10.36782/jemi.v4i3.2229

Kumar, P. (2023). Adoption of Blockchain Technology : A Case Study of Walmart. January 2021. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8081-3.ch013

Limited, I. (n.d.). PERSPECTIVE INTEGRATING BLOCKCHAIN WITH ERP FOR A TRANSPARENT SUPPLY CHAIN.

Mustika, B., Perdana, A. I., & Umyana, A. (2024). Penerapan Teknologi Blockchain Dalam Perspektif Akuntansi , Apakah Tepat Guna ? 2.

Nanda Sari, A., & Gelar, T. (2024). Blockchain: Teknologi Dan Implementasinya. Jurnal Mnemonic, 7(1), 63–70. https://doi.org/10.36040/mnemonic.v7i1.6961

Nikolaus Erlely, T., & Pontoh, G. T. (2022). Penerapan Enterprise Resource Planning Dan Kinerja Keuangan : Dampak Pada Nilai Perusahaan LQ-45 Yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia. Jramb, 8, 66–77.

Puspitasari, E., & Rahman, M. Z. (2024). Pengaruh Analisis Biaya Produksi terhadap Profitabilitas pada Target Marketing CV. Syafa. Co-Value Jurnal Ekonomi Koperasi Dan Kewirausahaan, 15(2). https://doi.org/10.59188/covalue.v15i2.4498

Rachmana, A. C., Surabaya, U. M., Wahjono, S. I., Surabaya, U. M., Kurniawati, Y., Surabaya, U. M., Mufidah, A. N., & Surabaya, U. M. (2024). Potensi Teknologi Blockchain bagi perusahaan PT . POS Indonesia Alfirza Candra Rachmana. April. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16197.26086

Research, M., Fintech, P., Lee, S. K., & Rosal, V. Del. (2020). Analysing the Evolution of Permissioned Blockchain in Financial Sector.

Sahid, Agus H., D. (2014). Analisa Heat Rate Dengan Variasi Beban Pada Pltu Paiton Baru (Unit 9). EKSERGI Jurnal Teknik Energi, 10(1), 23–28.

Setyawan, F. G., Kabetta, H., & Girinoto, G. (2024). Kajian Implementasi Blockchain dalam Sistem Manajemen Aset pada Gudang Logistik Instansi XYZ. Info Kripto, 18(2), 67–74. https://doi.org/10.56706/ik.v18i2.104

Shalaby, S., Abdellatif, A. A., Al-Ali, A., Mohamed, A., Erbad, A., & Guizani, M. (2020). Performance Evaluation of Hyperledger Fabric. 2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies, ICIoT 2020, 608–613. https://doi.org/10.1109/ICIoT48696.2020.9089614

SHELEMO, A. A. (2023). No Titleيليب. Nucl. Phys., 13(1), 104–116.

Swastika, W., Wirasantosa, H., & Kelana, O. H. (2022). Rancang Bangun Website Akademik dengan Penyimpanan Sertifikat Digital Menggunakan Teknologi Blockchain. Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, 9(1), 33. https://doi.org/10.25126/jtiik.2021863645

Wahyu, S., Noval, M., & Marpaung, M. (2024). Pengukuran Profitabilitas Perbankan Sebelum dan Sesudah Mengimplementasikan Teknologi Blockchain (Studi Kasus Pada Bank AlHilal). 10(03), 2408–2416.

Whitaker, A. (2019). Art and Blockchain A Primer, History, and Taxonomy of Blockchain Use Cases in the Arts. Artivate, 8(2), 21–46. https://doi.org/10.34053/artivate.8.2.2

Zhijun, R., & Dongyun, W. (2008). Building a business intelligence application with Oracle e-Business Suits 12. 2008 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2008, 1–4. https://doi.org/10.1109/WiCom.2008.2525