

The Role Of Blockchain In Enhancing The Information Quality Of Sustainability Reports

Peran Blockchain Dalam Meningkatkan Kualitas Informasi Laporan Keberlanjutan

Gregorius Ferdinan Ramen Boisala ¹⁾

^{1,2)} *Universitas Merdeka Malang*

Email: ¹⁾ boigeri281@gmail.com

ARTICLE HISTORY

Received [07 Juli 2026]

Revised [15 September 2026]

Accepted [19 September 2026]

KEYWORDS

Blockchain, Kualitas Informasi, Laporan Keberlanjutan, Esg, Audit Trail.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Laporan keberlanjutan semakin menjadi instrumen penting bagi para pemangku kepentingan untuk mengevaluasi kinerja lingkungan, sosial, dan tata kelola perusahaan. Namun, kenaikan kuantitas pengungkapan tidak selalu diiringi oleh kenaikan kualitas informasi. Praktik greenwashing, lemahnya keterlacakan asal data, serta terbatasnya bukti pendukung masih menimbulkan keraguan terhadap keandalan laporan keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan menganalisis secara konseptual bagaimana blockchain dapat meningkatkan kualitas informasi laporan keberlanjutan, memetakan hubungan antara karakteristik utama blockchain dengan indikator kualitas informasi, serta memvisualisasikannya melalui prototipe berbasis website. Penelitian ini memakai pendekatan kualitatif melalui Narrative Literature Review (NLR), content analysis, serta Design Science Research (DSR). Data penelitian terdiri atas 45 korpus yang mencakup standar/regulasi, artikel ilmiah, white paper, dan sumber pendukung yang dipilih secara purposive. Hasil penelitian ini menampilkan 6 tema utama, yakni transparansi dan provenance data, integritas dan anti-manipulasi, akuntabilitas dan keterlacakan, standarisasi dan keterbandingan, mitigasi greenwashing, serta kendala implementasi dan desain kontrol. Secara konseptual, verifikasi, akurasi, tata kelola, dan keterlacakan informasi memperoleh kontribusi konseptual paling kuat dari karakteristik blockchain. Selain itu penelitian ini juga membangun prototipe Web2 Proof of Concept (PoC) yang memvisualisasikan audit trail, approval multipihak, hash, dan timestamp, tetapi belum mengimplementasikan blockchain pada level teknis penuh.

ABSTRACT

Sustainability reports have increasingly become an important instrument for stakeholders to evaluate a company's environmental, social, and governance performance. However, the increase in the quantity of disclosures is not always accompanied by an improvement in the quality of information. Greenwashing practices, weak traceability of data origins, and limited supporting evidence still raise doubts about the reliability of sustainability reports. This study aims to conceptually analyze how blockchain can improve the information quality of sustainability reports, map the relationship between the main characteristics of blockchain and information quality indicators, and visualize it through a website-based prototype. This study uses a qualitative approach through a Narrative Literature Review (NLR), content analysis, and Design Science Research (DSR). The research data consist of 45 corpus sources, including standards/regulations, scientific articles, white papers, and supporting sources selected purposively. The results of this study present six main themes, namely transparency and data provenance, integrity and anti-manipulation, accountability and traceability, standardization and comparability, greenwashing mitigation, and implementation constraints and control design. Conceptually, verifiability, accuracy, governance, and information traceability receive the strongest conceptual contribution from blockchain characteristics. In addition, this study also develops a Web2 Proof of Concept (PoC) prototype that visualizes audit trails, multi-party approval, hashes, and timestamps, but has not yet implemented blockchain at a full technical level.

PENDAHULUAN

Laporan keberlanjutan terus menjadi instrumen penting dalam menilai dan mengevaluasi tanggung jawab perusahaan terhadap isu lingkungan, sosial, dan tata kelola. Dalam praktik bisnis modern, perusahaan tidak lagi hanya dinilai dari kinerja keuangan, namun dinilai juga dari kemampuan dalam menjelaskan dampak sosial dan lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan operasionalnya. Perkembangan ini mendesak perusahaan untuk menyusun laporan keberlanjutan sebagai sarana komunikasi dan pertanggungjawaban kepada pemangku kepentingan. Namun, peningkatan jumlah perusahaan yang menerbitkan laporan keberlanjutan belum selalu beriringan dengan peningkatan kualitas informasi yang disajikan.

Hummel dan Schlick (2016) menegaskan bahwa tingginya pengungkapan keberlanjutan tidak selalu sejalan dengan kualitas informasi yang memadai. Dalam konteks yang sama, Unerman et al. (2018) menjelaskan bahwa laporan keberlanjutan seharusnya tidak hanya menunjukkan kepatuhan formal terhadap standar, tetapi juga mampu menyajikan informasi yang relevan, andal, dan dapat dipercaya.

Permasalahan utama dalam pelaporan keberlanjutan terletak pada kesenjangan antara pengungkapan dan bukti. Perusahaan dapat menyajikan narasi keberlanjutan secara luas, namun informasi tersebut belum tentu memiliki keterlacakan data, bukti pendukung, maupun mekanisme verifikasi yang mencukupi. Keadaan ini membuka peluang terjadinya praktik greenwashing. Boiral (2013) menunjukkan bahwa sebagian laporan keberlanjutan dapat menjadi bentuk representasi simbolik yang tidak sepenuhnya merefleksikan kondisi perusahaan. Michelin et al. (2015) juga menekankan bahwa kualitas pengungkapan sosial dan lingkungan perlu dinilai secara kritis karena perusahaan dapat menggunakan pengungkapan sebagai strategi reputasi. Dengan demikian, permasalahan pelaporan keberlanjutan bukan semata-mata agar perusahaan sekedar melaporkan saja, melainkan agar perusahaan dapat mempertanggungjawabkan bagaimana data itu dibentuk, divalidasi, dan ditelusuri.

Dalam konteks ini, blockchain jadi relevan sebab menawarkan karakteristik transparansi, immutability, traceability, keamanan, dan desentralisasi kontrol. Sistem ini memungkinkan data dicatat dengan jejak waktu, identitas proses, dan relasi antarcatatan yang lebih sulit dimanipulasi tanpa meninggalkan jejak audit (Casino et al., 2019; Yli-Huuma et al., 2016). Meski demikian, blockchain bukan menjadi solusi otomatis atas seluruh persoalan kualitas informasi. Jika data awal salah atau bias, sistem tetap dapat menyimpan kekeliruan itu. Karena itu, blockchain lebih tepat dipahami sebagai mekanisme embedded control yang efektif apabila didukung validasi input, bukti pendukung, dan verifikasi multipihak (Maroun, 2019).

LANDASAN TEORI

Blockchain dalam Pelaporan Keberlanjutan

Berdasarkan sintesis dari white paper Nakamoto (2008), blockchain dapat dipahami sebagai sistem pencatatan berbasis jaringan peer-to-peer yang menggunakan bukti kriptografis, tanda tangan digital, hash, dan timestamp untuk mencatat transaksi secara berurutan tanpa bergantung sepenuhnya pada pihak ketiga yang terpusat. Dalam sistem tersebut, setiap catatan dikaitkan dengan catatan sebelumnya sehingga membentuk rantai data yang sulit diubah tanpa mengubah keseluruhan riwayat pencatatan. Setiap blok dapat memuat data, hash, timestamp, dan hubungan dengan blok sebelumnya. Struktur ini membuat data yang telah dicatat menjadi lebih sulit dimanipulasi tanpa meninggalkan jejak. Dalam konteks sistem informasi, blockchain dapat dipahami sebagai arsitektur pencatatan yang mendukung transparansi, keterlacakan, dan keamanan data (Casino et al., 2019; Yli-Huuma et al., 2016).

Dalam pelaporan keberlanjutan, blockchain memiliki potensi untuk memperkuat hubungan antara klaim keberlanjutan dan bukti pendukung. Data ESG seperti emisi, konsumsi energi, program sosial, kepatuhan tata kelola, atau target keberlanjutan dapat dicatat bersama metadata, waktu pencatatan, identitas aktor, serta bukti pendukung. Dengan demikian, informasi yang disajikan tidak hanya berupa narasi akhir, tetapi juga memiliki jejak proses yang dapat ditelusuri. Wang et al. (2019) menjelaskan bahwa smart contract dan mekanisme blockchain dapat mendukung otomatis aturan, validasi, dan pencatatan di dalam jaringan blockchain.

Namun, blockchain tidak menggantikan auditor, regulator, atau standar pelaporan. Teknologi ini hanya memperkuat proses pencatatan dan keterlacakan data. Oleh karena itu, dalam konteks laporan keberlanjutan, blockchain perlu dilihat sebagai mekanisme pelengkap yang memperkuat sistem pengendalian informasi, bukan sebagai pengganti validasi substantif atas data ESG.

Kualitas Informasi Laporan Keberlanjutan

Kualitas informasi laporan keberlanjutan dapat dipahami sebagai kemampuan informasi dalam menggambarkan kondisi perusahaan secara relevan, andal, jelas, lengkap, konsisten, dapat dibandingkan, tepat waktu, dan dapat diverifikasi. Dalam IFRS Conceptual Framework, informasi yang berkualitas dipahami sebagai informasi yang relevan dan merepresentasikan kondisi secara tepat, serta diperkuat oleh karakteristik dapat dibandingkan, dapat diverifikasi, tepat waktu, dan mudah dipahami. Standar pelaporan seperti GRI dan IFRS Sustainability Disclosure Standards digunakan sebagai dasar dalam menilai struktur, kualitas, dan keterbandingan informasi keberlanjutan (Global Reporting Initiative, 2021a, 2021b, 2021c; International Sustainability Standards Board, 2023a, 2023b). Dalam konteks ini,



banyaknya informasi yang diungkapkan belum tentu menunjukkan bahwa laporan tersebut berkualitas. Hummel dan Schlick (2016) membedakan antara kuantitas pengungkapan dan kualitas pengungkapan. Artinya perusahaan bisa saja menyajikan informasi dalam jumlah besar, tetapi kualitasnya tetap rendah apabila data yang disampaikan tidak memiliki dasar bukti yang kuat.

Pandangan tersebut sejalan dengan Unerman et al. (2018), yang menjelaskan bahwa kualitas laporan keberlanjutan perlu dilihat dari kemampuan laporan dalam merepresentasikan dampak ekonomi, sosial, dan lingkungan secara dapat dipercaya. Oleh karena itu, laporan keberlanjutan tidak hanya berfungsi sebagai dokumen formal, tetapi juga sebagai sarana pertanggungjawaban perusahaan kepada pemangku kepentingan.

Kualitas informasi menjadi penting karena pelaporan keberlanjutan digunakan oleh investor, regulator, masyarakat, dan pihak lain untuk menilai tanggung jawab perusahaan. Berg et al. (2022) menunjukkan bahwa perbedaan penilaian ESG dapat menimbulkan kebingungan bagi pengguna informasi. Kondisi ini memperlihatkan bahwa kualitas data, konsistensi indikator, dan keterbukaan metode pelaporan perlu diperhatikan secara serius. Pizzi et al. (2022) juga menekankan bahwa digitalisasi pelaporan keberlanjutan seharusnya tidak hanya mempercepat penyajian informasi, tetapi juga memperkuat proses pelaporan itu sendiri. Dengan demikian, kualitas informasi dalam pelaporan keberlanjutan perlu didukung oleh mekanisme yang mampu menjaga keandalan data, keterlacakan, dan verifikasi informasi.

Teori Stakeholder, Teori Legitimasi, dan Kebutuhan Embedded Control

Teori stakeholder menjelaskan bahwa perusahaan memiliki tanggung jawab kepada pihak-pihak yang dapat memengaruhi atau dipengaruhi oleh aktivitas perusahaan. Dalam pelaporan keberlanjutan, teori ini menjadi dasar bahwa perusahaan perlu menyajikan informasi ESG kepada investor, masyarakat, regulator, konsumen, karyawan, dan kelompok lain yang berkepentingan. Sementara itu, teori legitimasi menjelaskan bahwa laporan keberlanjutan dapat digunakan perusahaan untuk memperoleh penerimaan sosial dari lingkungan sekitar. Namun, kedua teori tersebut belum sepenuhnya menjelaskan bagaimana data keberlanjutan dijaga agar tidak hanya menjadi narasi simbolik atau alat pembentukan citra perusahaan.

Cho et al. (2015) menunjukkan bahwa pelaporan keberlanjutan dapat menjadi bagian dari strategi perusahaan dalam membangun legitimasi. Boiral (2013) juga menilai bahwa laporan keberlanjutan dapat menyerupai simulasi realitas apabila klaim perusahaan tidak didukung oleh bukti yang kuat. Pandangan ini menunjukkan bahwa persoalan utama dalam laporan keberlanjutan tidak hanya terletak pada alasan perusahaan mengungkapkan informasi, tetapi juga pada bagaimana informasi tersebut dicatat, diverifikasi, dan dapat ditelusuri kembali.

Oleh karena itu, kualitas laporan keberlanjutan perlu dikaitkan dengan tata kelola data. Dalam konteks penelitian ini, blockchain dapat diposisikan sebagai embedded control, yakni sebagai mekanisme kontrol yang tertanam dalam proses pencatatan, verifikasi, dan publikasi informasi. Melalui karakteristik seperti transparansi, immutability, traceability, security, dan decentralization, blockchain berpotensi memperkuat keandalan informasi keberlanjutan sehingga laporan yang disajikan tidak hanya bersifat naratif, tetapi juga didukung oleh bukti data yang lebih dapat dipercaya.

Penelitian Terdahulu dan Kesenjangan Penelitian

Kajian mengenai blockchain dan keberlanjutan telah banyak diarahkan pada isu transparansi, keterlacakan, dan keandalan data. Dalam konteks rantai pasok berkelanjutan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa blockchain dapat meningkatkan traceability, provenance, dan transparansi antarpihak yang terlibat dalam proses bisnis (Ahmed & MacCarthy, 2023; Kim & Laskowski, 2018; Saberi et al., 2019). Temuan ini menunjukkan bahwa blockchain tidak hanya berfungsi sebagai teknologi pencatatan, tetapi juga sebagai sarana untuk menelusuri asal-usul data dan aktivitas yang berkaitan dengan keberlanjutan.

Penelitian lain mengaitkan blockchain dengan upaya mengurangi greenwashing. Hina et al. (2024) serta Nygaard dan Silkoset (2023) menjelaskan bahwa keterbukaan data dapat meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap klaim keberlanjutan perusahaan. Hal ini penting karena klaim keberlanjutan sering kali sulit diverifikasi apabila tidak disertai bukti yang jelas dan dapat ditelusuri. Dalam konteks ESG, Liu et al. (2024) dan Niu et al. (2024) juga menunjukkan bahwa blockchain dapat memperkuat pengungkapan informasi yang lebih dapat dipercaya.

Selain itu, Giganti et al. (2024), Mulligan et al. (2024), dan Rejeb et al. (2023) menunjukkan bahwa blockchain berpotensi mendukung agenda keberlanjutan melalui transparansi, pengelolaan data, dan keterlacakan proses. Huy dan Phuc (2025) menekankan bahwa praktik audit internal berbasis blockchain dapat memperkuat pengawasan ESG. Anis et al. (2024) juga menunjukkan bahwa sistem kontrol interaktif berperan dalam memperkuat praktik ESG dan efisiensi investasi.

Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih lebih banyak membahas blockchain dalam konteks rantai pasok, greenwashing, ESG, audit, atau sistem kontrol secara umum. Belum banyak penelitian yang secara spesifik memetakan hubungan antara lima karakteristik utama blockchain, yaitu transparansi, immutability, traceability, security, dan decentralization, dengan sepuluh indikator kualitas informasi laporan keberlanjutan. Celah inilah yang menjadi dasar pengembangan kerangka konseptual dalam penelitian ini.

Kerangka Konseptual Blockchain sebagai Embedded Control

Penelitian ini mengembangkan kerangka konseptual yang menempatkan blockchain sebagai mekanisme tata kelola dan pengendalian informasi dalam pelaporan keberlanjutan. Pengembangan kerangka ini berangkat dari keterbatasan teori stakeholder dan teori legitimasi. Kedua teori tersebut dapat menjelaskan alasan perusahaan melakukan pengungkapan keberlanjutan, misalnya untuk memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan atau memperoleh legitimasi sosial. Namun, kedua teori tersebut belum cukup menjelaskan bagaimana kualitas data keberlanjutan dijaga sejak tahap input, validasi, penyimpanan, hingga publikasi laporan. Konsep embedded control dipilih karena persoalan utama dalam kualitas laporan keberlanjutan bukan hanya terletak pada hasil pengungkapan akhir, tetapi pada bagaimana pengendalian data ditanamkan sejak proses awal pencatatan, validasi, penyimpanan, hingga publikasi. Dengan demikian, kontrol tidak hanya dilakukan setelah laporan selesai disusun, tetapi melekat di dalam alur sistem pelaporan itu sendiri.

Dalam penelitian ini, blockchain tidak dipahami hanya sebagai teknologi pencatatan digital, tetapi sebagai arsitektur kontrol yang dapat memperkuat tata kelola data ESG. Informasi tata kelola, dan capaian target keberlanjutan, tidak cukup hanya disajikan dalam bentuk narasi akhir. Informasi tersebut perlu didukung oleh aktor yang terlibat, serta mekanisme verifikasi yang dapat ditelusuri kembali. Secara konseptual, peran blockchain dalam meningkatkan kualitas informasi laporan keberlanjutan dapat dipahami melalui tiga lapisan. Lapisan pertama berkaitan dengan sistem dan komponen teknis blockchain, seperti input data ESG, transaksi data, hash, digital signature, block, timestamp, distributed ledger, consensus protocol, dan smart contract. Komponen-komponen ini membentuk dasar pencatatan dan pengamanan data agar setiap informasi yang masuk sistem memiliki jejak digital.

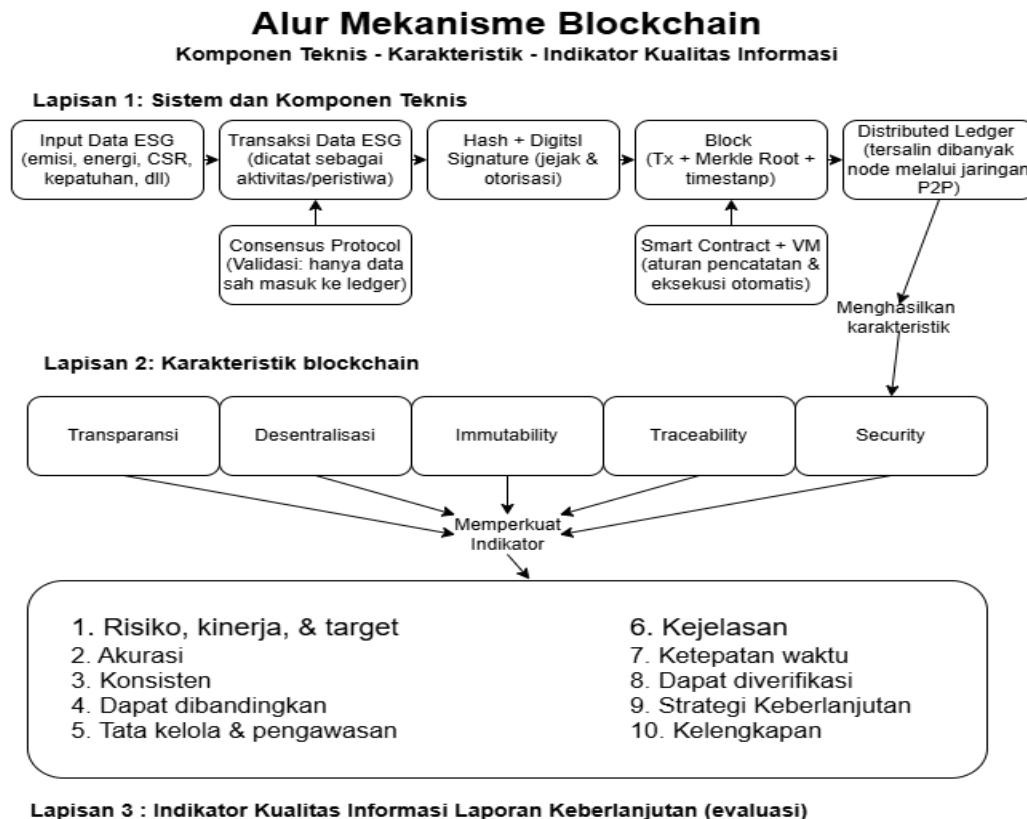
Lapisan kedua berkaitan dengan karakteristik utama blockchain, yaitu transparansi, desentralisasi, immutability, traceability, dan security. Karakteristik tersebut menjadi penghubung antara sistem teknis blockchain dan kebutuhan kualitas informasi dalam laporan keberlanjutan. Melalui karakteristik ini, data ESG tidak hanya dicatat, tetapi juga dapat ditelusuri, diverifikasi, dan diawasi oleh pihak yang berkepentingan.

Lapisan ketiga berkaitan dengan indikator kualitas informasi laporan keberlanjutan, yaitu risiko, kinerja, dan target; konsistensi; dapat dibandingkan; tata kelola dan pengawasan; dan kelengkapan. Dengan demikian, kerangka konseptual ini menunjukkan bahwa blockchain berperan sebagai mekanisme pengendalian yang menghubungkan proses pencatatan data ESG dengan kualitas informasi laporan keberlanjutan.

Gambar 1 di bawah ini memperlihatkan bahwa peningkatan kualitas informasi laporan keberlanjutan tidak terjadi secara langsung, tetapi melalui serangkaian mekanisme yang dibangun oleh blockchain. Pada tahap awal, data ESG diperlakukan sebagai transaksi informasi yang dicatat ke dalam sistem, diberi identitas digital melalui hash, dilengkapi dengan timestamp, serta divalidasi melalui mekanisme otorisasi. Rangkaian proses tersebut membentuk karakteristik utama blockchain, yaitu transparansi, immutability, traceability, security, dan desentralisasi. Karakteristik inilah yang kemudian berkontribusi terhadap peningkatan kualitas informasi, khususnya pada aspek dapat diverifikasi, akurasi prosedural, tata kelola dan pengawasan, keterlacakan, serta kelengkapan informasi.

Walaupun demikian, kerangka konseptual ini tidak memosisikan blockchain sebagai teknologi yang secara otomatis menjamin kebenaran seluruh informasi keberlanjutan. Blockchain tidak dapat menghilangkan risiko kesalahan pada saat data pertama kali dimasukkan maupun bias yang sudah melekat pada data awal. Oleh karena itu, efektivitas blockchain tetap bergantung pada kualitas proses input, ketersediaan bukti pendukung, penerapan standar pelaporan, serta mekanisme verifikasi oleh berbagai pihak yang berwenang. Dengan demikian, blockchain lebih tepat dipahami sebagai mekanisme pengendalian yang memperkuat proses pencatatan, pemeriksaan, dan publikasi informasi keberlanjutan, bukan sebagai pengganti auditor, regulator, maupun standar pelaporan keberlanjutan.

Gambar 1 .Alur Kerja Mekanisme Blockchain dalam Meningkatkan Kualitas Informasi Laporan Keberlanjutan



METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan paradigma konstruktivis karena tidak bertujuan menguji hubungan sebab-akibat secara statistik, melainkan membangun penjelasan konseptual mengenai peran blockchain dalam meningkatkan kualitas informasi laporan keberlanjutan. Desain penelitian memadukan Narrative Literature Review (NLR), content analysis, dan Design Science Research (DSR). NLR digunakan untuk menelaah, membandingkan, dan menyintesis berbagai literatur seperti standar pelaporan, artikel ilmiah, white paper, dan sumber pendukung agar terbentuk dasar konseptual mengenai hubungan karakteristik blockchain dengan kualitas informasi laporan keberlanjutan. Hasil telaah tersebut kemudian dianalisis melalui content analysis untuk menemukan konsep, kategori, dan tema yang relevan, sedangkan DSR digunakan untuk menerjemahkan temuan konseptual ke dalam artefak berupa prototipe berbasis Web2. Penggunaan DSR sejalan dengan Behrouzi et al. (2023) dan Buysens et al. (2024), yang menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat digunakan untuk mengembangkan artefak digital berdasarkan masalah konseptual dan kebutuhan sistem.

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari 45 korpus yang dipilih secara purposif. Korpus tersebut meliputi 8 dokumen standar atau regulasi, 15 artikel ilmiah, 6 white paper atau dokumen teknis, serta 16 sumber pendukung. Pemilihan korpus didasarkan pada tiga pertimbangan utama, yaitu relevansi dengan blockchain, pelaporan keberlanjutan, dan kualitas informasi; kontribusi terhadap pembentukan tema konseptual; serta kecukupan untuk mendukung perancangan artefak. Unit analisis dalam penelitian ini adalah konsep-konsep yang muncul dalam dokumen, terutama konsep yang berkaitan dengan transparansi, immutability, traceability, security, audit trail, greenwashing, verifikasi, dan pengungkapan berbasis bukti.

Validitas data dalam penelitian ini dijaga melalui triangulasi sumber, triangulasi teori, dan transparansi proses analisis. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi dari berbagai jenis korpus, yaitu standar atau regulasi, artikel ilmiah, white paper atau dokumen teknis, serta sumber pendukung. Triangulasi teori dilakukan dengan menghubungkan temuan literatur dengan teori stakeholder, teori legitimasi, teori kualitas informasi, konsep blockchain, serta pendekatan Design Science Research. Selain itu, validitas juga diperkuat melalui dokumentasi proses penelitian, seperti

protokol penelusuran literatur, kriteria pemilihan korpus, pengodean dokumen, pengelompokan kode menjadi tema, serta pemetaan tema ke indikator kualitas informasi dan fitur prototipe. Dengan cara tersebut, proses penarikan kesimpulan tidak hanya berasal dari satu sumber atau satu sudut pandang, tetapi didukung oleh keterkaitan antar sumber, teori, tema, dan artefak yang dikembangkan.

Proses analisis dilakukan secara bertahap. Tahap awal dimulai dengan mengidentifikasi masalah kualitas informasi laporan keberlanjutan berdasarkan literatur dan dokumen standar. Setelah itu, peneliti melakukan pengodean terhadap konsep-konsep utama melalui content analysis. Kode-kode yang memiliki keterkaitan kemudian dikelompokkan menjadi kategori dan tema utama. Tema tersebut digunakan untuk menyusun kerangka konseptual yang menghubungkan karakteristik blockchain dengan indikator kualitas informasi laporan keberlanjutan. Pada tahap akhir, kerangka konseptual tersebut diterjemahkan ke dalam rancangan prototipe berbasis web melalui pendekatan DSR. Dengan alur ini, proses sintesis literatur, analisis tematik, dan perancangan artefak ditempatkan sebagai satu rangkaian penelitian yang saling berhubungan.

Dalam pengembangan prototipe, perangkat lunak yang didokumentasikan dalam penelitian ini meliputi Visual Studio Code untuk proses pengkodean dan prototyping, serta Hostinger.id untuk peluncuran prototipe web. Sementara itu, spesifikasi perangkat keras, bahasa pemrograman, framework, basis data, dan konfigurasi server tidak dijelaskan secara eksplisit dalam skripsi. Oleh karena itu, unsur-unsur tersebut dinyatakan tidak dispesifikkan dan diperlakukan sebagai asumsi metodologis. Dengan batasan tersebut, replikasi penelitian pada tahap ini lebih diarahkan pada logika artefak, alur kontrol, dan struktur fitur, bukan pada pengujian implementasi teknis blockchain secara penuh. Penelitian ini juga menegaskan bahwa prototipe yang dikembangkan berada pada level Web2 Proof of Concept, sehingga belum menggunakan distributed ledger, jaringan peer-to-peer, mekanisme konsensus, maupun smart contract yang berjalan secara riil.

Evaluasi artefak dilakukan secara fungsional dan konseptual. Evaluasi ini tidak diarahkan pada hypothesis testing atau eksperimen pengguna dalam skala besar, tetapi pada kemampuan prototipe dalam memperlihatkan alur kontrol pelaporan keberlanjutan. Tiga aspek yang digunakan dalam evaluasi adalah keterbacaan informasi, akurasi prosedural, dan kejelasan informasi. Melalui aspek tersebut, artefak dinilai berdasarkan kemampuannya dalam menampilkan hubungan antara data ESG, bukti pendukung, status verifikasi, hash, timestamp, dan audit trail. Dengan demikian, evaluasi difokuskan pada sejauh mana prototipe dapat mengilustrasikan peran prinsip-prinsip blockchain dalam mendukung kualitas informasi laporan keberlanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini tidak menghasilkan data statistik inferensial, melainkan temuan sintesis berbasis dokumen yang dikembangkan menjadi model konseptual dan artefak sistem. Kekuatan data dilihat dari keluasan korpus, konsistensi pola antarsumber, serta keterkaitan temuan dengan rancangan prototipe. Unit analisis berupa konsep-konsep utama terkait karakteristik blockchain, kualitas informasi, greenwashing, dan mekanisme verifikasi, yang kemudian dikodekan, dikelompokkan, dan disintesis menjadi tema penelitian.

Sumber penelitian dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu dokumen/standar (D), artikel ilmiah (A), white paper atau dokumen teknis (W), dan sumber pendukung (S). Pengelompokan ini menunjukkan bahwa hasil penelitian dibangun dari dasar normatif, konseptual, teknis, dan kontekstual. Sebagai pengantar hasil, tabel 1 menyajikan enam tema utama, definisi ringkas, jumlah sumber pendukung, dan implikasinya terhadap desain prototipe. Jumlah sumber digunakan untuk menunjukkan konsistensi kemunculan tema serta kekuatan sintesis konseptual dalam pengembangan prototipe sistem.

Tabel 1. Ringkasan Enam Tema Temuan Penelitian

Tema	Fokus Temuan	Tingkat Dukungan Tema (Jumlah Sumber)	Implikasi Sistem
Transparansi dan provenance data	Kejelasan asal-usul data ESG melalui metadata, timestamp, bukti pendukung, dan jejak proses pembentukan klaim	10	Evidence attachment, metadata pencatatan, timestamp, audit trail, dan portal publikasi untuk menampilkan asal-usul klaim ESG
Integritas dan anti-manipulasi	Pengendalian perubahan data melalui konsep immutability,	9	Current hash, previous hash, change log, riwayat revisi, audit

	versioning, hash, riwayat perubahan, dan pembatasan akses.		trail, dan role-based access control
Akuntabilitas, keterlacakan, dan Kesiapan assurance	Keterlacakan aktor, alur verifikasi, titik kontrol kualitas data, bukti audit, dan kesiapan pemeriksaan eksternal	11	Workflow approval multipihak, log aktor, status review, catatan pemeriksa, dan paket bukti digital/assurance pack.
Standarisasi dan keterbandingan	Konsistensi struktur indikator ESG, kesesuaian dengan standar pelaporan, dan keterbandingan data lintas waktu maupun lintas entitas.	7	Form input ESG terstruktur, template indikator, format data konsisten, dan ekspor data untuk perbandingan.
Mitigasi greenwashing	Penguatan hubungan antara klaim keberlanjutan, KPI, bukti pendukung, dan jejak verifikasi	7	Dashboard KPI, kewajiban unggah bukti, keterikatan narasi-KPI-bukti, histori verifikasi, dan penanda klaim berisiko.
Kendala implementasi dan desain kontrol	Perimbangan privasi, biaya, energi, skalabilitas, kesiapan organisasi, dan strategi adopsi bertahap	6	Pendekatan pilot Web2, SOP pengendalian data, pengaturan akses, pelatihan pengguna, dan rencana migrasi bertahap.

Source: Data processed by the researcher, 2026

Dari tabel tersebut terlihat bahwa tema ketiga terkait akuntabilitas, keterlacakan, dan kesiapan assurance, memiliki dukungan paling luas lintas sumber. Temuan ini konsisten dengan argumen bahwa problem utama laporan keberlanjutan bukan semata kurangnya pengungkapan, tetapi lemahnya keterhubungan antara klaim, proses pemeriksaan, dan bukti. Hal ini sejalan dengan literatur yang sejak lama membedakan antara banyaknya pengungkapan dan kualitas pengungkapan (Boiral, 2013; Hummel & Schlick, 2016; Michelin et al., 2015; Diouf & Boiral, 2017; Unerman et al., 2018).

Sintesis Enam Tema Utama

Tema pertama menunjukkan bahwa kualitas informasi laporan keberlanjutan meningkat ketika setiap klaim ESG memiliki asal-usul data yang jelas dan dapat ditelusuri. Dalam penelitian ini, kebutuhan tersebut dirumuskan melalui audit trail, timestamp, bukti pendukung, serta metadata proses yang kemudian diterjemahkan ke dalam fitur evidence attachment dan pencatatan tidak cukup hanya menampilkan narasi akhir, tetapi perlu menunjukkan hubungan antara narasi, bukti, dan proses pembentukan data. Hal ini penting karena banyak persoalan dalam laporan keberlanjutan tidak muncul dari ketiadaan klaim, melainkan dari lemahnya provenance atau rantai asal-usul informasi. Perusahaan dapat menyatakan adanya pengurangan emisi, peningkatan program sosial, atau penguatan tata kelola, tetapi klaim tersebut tetap sulit diuji apabila tidak disertai bukti dan jejak data yang dapat diperiksa kembali.

Temuan ini sejalan dengan studi mengenai blockchain enabled traceability yang menempatkan provenance sebagai unsur penting dalam membangun kredibilitas data, baik pada konteks rantai pasok maupun keberlanjutan secara lebih luas (Kim & Laskowski, 2018; Ahmed & MacCarthy, 2023; Cao et al., 2023). Dalam konteks klaim keberlanjutan, akses terhadap informasi yang dapat diverifikasi dan ditelusuri juga dapat membantu menurunkan persepsi greenwashing (Nygaard & Silkset, 2023; Hina et al., 2024). Oleh karena itu, tema ini berimplikasi langsung pada peningkatan kejelasan, kelengkapan, ketepatan waktu, dan keterverifikan informasi. Ketika data dilengkapi dengan waktu pencatatan, identitas aktor, lampiran bukti, dan status pemeriksaan, pengguna laporan tidak hanya mengetahui apa yang diklaim perusahaan, tetapi juga bagaimana klaim tersebut dibentuk. Dalam konteks ini, transparansi tidak dipahami sebagai keterbukaan seluruh data tanpa batas, melainkan sebagai keterlihatan proses pembentukan informasi, sebagaimana sejalan dengan gagasan digital trust framework dalam blockchain (Casino et al., 2019; Dong et al., 2023; Yli-Huoma et al., 2016).

Integritas dan Anti-manipulasi

Tema kedua menegaskan bahwa risiko manipulasi dalam pelaporan keberlanjutan tidak hanya muncul melalui bahasa simbolik, tetapi juga melalui perubahan data setelah pencatatan. Dalam penelitian ini, tema tersebut ditopang oleh konsep immutability, versioning, kontrol perubahan, dan keamanan sistem, yang kemudian diterjemahkan ke dalam fitur change log dan riwayat perubahan pada prototipe. Blockchain dipahami sebagai mekanisme yang membuat setiap perubahan data meninggalkan jejak, sehingga proses koreksi, revisi, atau pembaruan dapat ditelusuri kembali.

Namun, immutability tidak berarti bahwa data yang pertama kali dimasukkan pasti benar. Blockchain dapat menjaga integritas data setelah dicatat, tetapi tetap membutuhkan validasi input, bukti pendukung, dan verifikasi eksternal agar informasi yang disajikan tidak keliru sejak awal. Karena itu, tema integritas dan anti-manipulasi terutama mendukung akurasi prosedural, konsisten, dan keterverifikasian informasi. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa teknologi ledger dan smart contracts memperkuat disiplin perubahan data, tetapi tidak menghapus kebutuhan terhadap sistem kontrol dan pemeriksaan eksternal (Wang et al., 2019; Dong et al., 2023; Maroun, 2019; Anis et al., 2024; Huy & Phuc, 2025).

Akuntabilitas, Keterlacakan, dan Kesiapan Assurance

Tema ketiga memperoleh dukungan paling luas dan menjadi inti hasil penelitian karena berfokus pada identitas aktor, alur persetujuan, titik kontrol kualitas data, dan kesiapan assurance. Dalam penelitian, tema ini diterjemahkan ke dalam workflow verifikasi bertahap, mulai dari draft, review, verified, hingga published, serta dilengkapi dengan log aktor dan export evidence/ assurance pack. Temuan ini menunjukkan bahwa kualitas laporan keberlanjutan tidak hanya ditentukan oleh isi informasi, tetapi juga oleh kejelasan jejak proses yang membentuk informasi tersebut. Laporan ESG yang baik perlu memungkinkan pihak lain mengetahui siapa yang memasukkan data, siapa yang memeriksa, kapan keputusan diambil, bukti apa yang dilampirkan, serta apakah pernah terjadi penolakan atau revisi.

Argumen tersebut sejalan dengan studi mengenai pelaporan ESG berbasis verifikasi, yang menunjukkan bahwa kredibilitas laporan meningkat ketika proses pemeriksaan dibuat eksplisit dan dapat diaudit (Liu et al., 2024; Niu et al., 2024). Temuan ini juga sejalan dengan tinjauan sistematis yang menempatkan transparansi dan audit trail sebagai dasar penguatan tata kelola keberlanjutan (Giganti et al., 2024; Mulligan et al., 2024; Messina et al., 2025). Dengan demikian, penelitian ini memperluas teori stakeholder dan legitimasi ke arah embedded control. Jika kedua teori tersebut menjelaskan alasan perusahaan mengungkapkan informasi dapat diperkuat melalui desain kontrol yang tertanam dalam proses pelaporan, terutama untuk mendukung assurance dan kesiapan audit ESG (Maroun, 2019; Huy & Phuc, 2025).

Standardisasi dan Keterbandingan

Tema keempat menekankan bahwa informasi ESG sulit dibandingkan apabila tidak disusun dengan struktur indikator yang konsisten. Dalam penelitian ini, tema tersebut dikaitkan dengan keselarasan standar IFRS, GRI, dan OJK, interoperabilitas data, serta konsistensi metrik, yang kemudian diterjemahkan ke dalam form input terstruktur dan fitur ekspor data pada prototipe. Persoalan utama dalam pelaporan ESG tidak hanya berkaitan dengan manipulasi, tetapi juga dengan perbedaan format, definisi, dan metodologi yang dapat membuat pengguna kesulitan menilai kinerja perusahaan secara konsisten. Hal ini sejalan dengan Berg et al. (2022), yang menunjukkan bahwa divergensi penilaian ESG dapat muncul karena ketidakseragaman metrik dan metode.

Dalam konteks ini, blockchain tidak diposisikan sebagai pengganti standar seperti GRI atau ISSB, melainkan sebagai teknologi yang lebih efektif apabila dibangun di atas struktur standar yang sudah jelas. Blockchain berperan sebagai enabler bagi standardisasi karena dapat membantu menjaga konsistensi pencatatan, keterbandingan data, dan hubungan antara risiko, kinerja, serta target keberlanjutan (Pizzi et al., 2024; Messina et al., 2025; Rejeb et al., 2023). Oleh karena itu, struktur input data menjadi bagian penting dalam rancangan prototipe. Pemisahan domain environment, social, dan governance digunakan agar data ESG masuk dalam format yang lebih baku sejak awal, sehingga informasi yang dihasilkan lebih mudah dibaca, dibandingkan, dan ditelusuri.

Mitigasi Greenwashing dan Disclosure-Performance Gap

Tema kelima menyoroti kesenjangan antara klaim keberlanjutan dan performa aktual perusahaan. Dalam penelitian ini, teknologi hanya dianggap bermanfaat untuk mitigasi greenwashing apabila setiap klaim ESG harus ditautkan dengan KPI, bukti pendukung, dan jejak verifikasi. Karena itu, tema ini diterjemahkan ke dalam dashboard KPI, kolom narasi yang terkait pada indikator, serta kewajiban unggah bukti. Alur tersebut membuat klaim keberlanjutan tidak dapat berdiri sebagai narasi simbolik semata, tetapi harus memiliki dasar data yang dapat diperiksa.

Temuan ini sejalan dengan kritik bahwa laporan keberlanjutan sering digunakan untuk membangun legitimasi simbolik melalui narasi selektif (Boiral, 2013; Cho et al., 2015). Blockchain berpotensi mengurangi asimetri informasi dan persepsi greenwashing apabila setiap klaim keberlanjutan dikaitkan dengan bukti pendukung yang dapat ditelusuri (Nygaard & Silkset, 2023; Niu et al., 2024; Zhu et al., 2025; Hina et al., 2024). Namun, kontribusi tersebut tetap bergantung pada kualitas bukti, kejelasan KPI, format data yang baku, dan pemeriksaan oleh beberapa pihak. Dengan demikian,

blockchain tidak otomatis menghapus greenwashing, tetapi memperkuat mekanisme yang membuat klaim lebih sulit dimanipulasi.

Kendala Implementasi dan Desain Kontrol

Tema keenam menjadi penyeimbang dalam penelitian karena menegaskan bahwa implementasi blockchain tidak lepas dari kendala privasi, biaya, energi, skalabilitas, dan kesiapan organisasi. Oleh karena itu, penelitian ini memilih pendekatan bertahap melalui desain kontrol terlebih dahulu, yang diterjemahkan ke dalam mode pilot, pendekatan Web2, SOP, pelatihan, dan strategi adopsi. Temuan ini sejalan dengan studi yang menunjukkan bahwa adopsi blockchain dalam konteks keberlanjutan masih menghadapi hambatan koordinasi antarpihak, privasi, skalabilitas, dan legitimasi institusional (Saber et al., 2019; Kouhizadeh et al., 2021; Ballandies et al., 2021; Mulligan et al., 2024). Dengan demikian, Web2 Proof of Concept dalam penelitian ini tidak diposisikan sebagai kelemahan, tetapi sebagai strategi awal yang realistis untuk memvisualisasikan kontrol data sebelum organisasi menerapkan blockchain teknis secara penuh.

Pemetaan Karakteristik Blockchain dan Indikator Kualitas

Tabel 2. Pemetaan Karakteristik Blockchain, Peran Mekanistik, dan Indikator Kualitas yang Paling Didukung

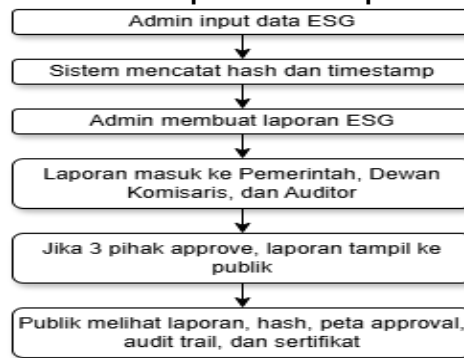
Karakteristik	Peran Mekanistik dalam Pelaporan	Indikator yang Paling Didukung	Kekuatan Umum Temuan
Transparansi	Membuka isi data dan proses penyusunan/persetujuan laporan	Kejelasan, dapat dibandingkan, kelengkapan	Sedang-kuat
Immutability	Mengunci histori perubahan dan mencegah perubahan tanpa jejak	Akurasi prosedural, konsistensi, dapat diverifikasi	Kuat
Traceability	Menelusuri asal-usul data, aktor, waktu, dan revisi/ perbaikan data	Dapat diverifikasi, tata kelola, ketepatan waktu, kejelasan	Paling Kuat
Security	Membatasi akses dan memisahkan kewenangan antarpihak	Akurasi, tata kelola, dapat diverifikasi	Kuat
Desentralisasi	Mendistribusikan kontrol keputusan dan mengurangi dominasi satu pihak	Tata kelola dan pengawasan	Terbatas-sedang

Source: Data processed by the researcher, 2026

Hasil pemetaan ini menunjukkan bahwa blockchain paling kuat berperan pada penguatan kualitas informasi secara prosedural, seperti auditability, jejak koreksi, validitas alur keputusan, dan integritas perubahan data. Blockchain tidak secara otomatis menjamin kebenaran seluruh informasi ESG, tetapi membantu memperkuat disiplin pencatatan, keterlacakan, dan keterbukaan proses pembentukan informasi. Dengan demikian, blockchain lebih tepat dipahami sebagai ekosistem dan infrastruktur tata kelola data, bukan sebagai pengganti penilaian manusia, auditor, atau standar pelaporan keberlanjutan (Casino et al., 2019; Wang et al., 2019; Pizzi et al., 2024; Messina et al., 2025).

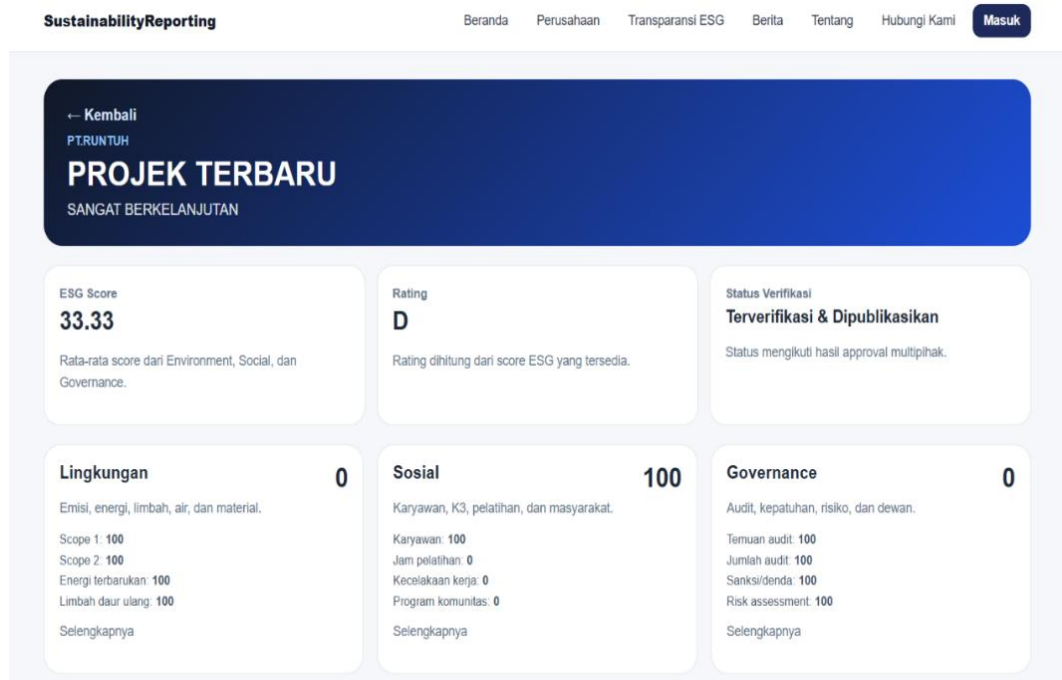
Prototipe Web2 Proof of Concept

Artefak penelitian berupa prototipe Web2 yang dikembangkan untuk menerjemahkan temuan konseptual ke dalam alur sistem yang dapat diamati. Prototipe ini tidak diklaim sebagai implementasi blockchain teknis penuh, tetapi dirancang untuk merepresentasikan prinsip kontrol blockchain, seperti transparansi, hash, timestamp, audit trail, keamanan akses, dan approval multipihak. Alur sistem dimulai dari input data ESG dan unggah bukti oleh admin, dilanjutkan dengan pencatatan identitas data, pemeriksaan oleh pemerintah, dewan komisaris, dan auditor, hingga publikasi laporan pada portal publik apabila seluruh pihak menyetujui. Jika salah satu pihak menolak, laporan tidak dipublikasikan sebagai laporan final dan harus direvisi, sehingga prototipe ini menggambarkan kontrol multipihak yang menyerupai logika konsensus dalam lingkungan Web2.

Gambar 2. Prototipe Web Transparansi ESG

Prototipe membagi peran pengguna menjadi admin perusahaan, pemerintah, dewan komisaris, auditor, dan publik untuk menunjukkan bahwa kualitas informasi tidak hanya bergantung pada kelengkapan data, tetapi juga pada distribusi kontrol. Admin bertugas menyusun dan mengajukan laporan, sedangkan pemerintah, dewan komisaris, dan auditor berperan sebagai pihak pemeriksa sebelum laporan dipublikasikan. Publik hanya dapat mengakses laporan setelah seluruh persetujuan terpenuhi. Pembagian peran ini merepresentasikan prinsip security melalui role-based access control dan decentralization melalui distribusi kewenangan keputusan.

Prototipe ini juga konsisten dengan enam tema hasil penelitian, yaitu transparansi melalui portal publik dan metadata, integritas melalui riwayat perubahan, akuntabilitas melalui workflow pemeriksaan, standardisasi melalui form ESG terstruktur, mitigasi greenwashing melalui hubungan antara narasi, KPI, dan bukti, serta kendala implementasi melalui pilihan arsitektur Web2 bertahap. Evaluasi dilakukan melalui aspek keterbacaan, auditability, dan kejelasan informasi. Portal publik menyajikan skor ESG, rating, status verifikasi, serta pembagian environment, social, dan governance secara lebih mudah dipahami, sementara auditability diperkuat melalui pembatasan publikasi sebelum approval lengkap, jejak penolakan atau revisi, serta tampilan status, waktu, aktor, hash, dan riwayat koreksi secara runtut.

Gambar 3. Tampilan Ringkasan ESG Score, Rating, dan Status Verifikasi

Gambar 4. Peta Approval Laporan ESG oleh Pemerintah, Dewan Komisaris, dan Auditor

Peta Approval Laporan ESG

Peta ini sengaja ditampilkan kepada publik agar proses pemeriksaan laporan transparan.

Total laporan: 1

LAPORAN ESG

Dikirim: 23 Jun 2026 10:31

Pemerintah

ACC / Disetujui

Pemeriksa: Charles

Tanggal: 23 Jun 2026 10:32

Dewan Komisaris

ACC / Disetujui

Pemeriksa: Bagas

Tanggal: 23 Jun 2026 10:33

Auditor

Ditolak

Pemeriksa: Bele

Tanggal: 23 Jun 2026 10:32

Alasan penolakan:
Pemeriksa menolak laporan dan meminta perbaikan.

Laporan ini belum dibuka ke publik karena belum memperoleh 3 persetujuan lengkap.

Gambar 5. Tampilan Informasi Current Hash, Previous Hash, dan Timestamp Data ESG

Informasi Hash Blockchain

Bagian ini menampilkan identitas hash sebagai simulasi kontrol integritas data ESG.

Algoritma

SHA-256

Timestamp

23 Jun 2026 10:10

Sumber Data

environment

Current Hash:

8dd336809abf2c964022c7c76376ba98d9b0d4bd26d7c74d3d1b5791880cec6

Previous Hash:

de2d758cb44daacef23a21e76513e88a31d51dc9f1a173801d91957f35be89aa

Lihat Sertifikat ESG

Verifikasi Keaslian Data

Gambar 6. Tampilan Audit Trail Perubahan Data ESG

Audit Trail Perubahan Data ESG

Bagian ini menampilkan riwayat perubahan data ESG secara ringkas: siapa yang mengubah, kapan diubah, hash perubahan, serta data sebelum dan sesudah. Fitur ini memperkuat traceability, accountability, dan simulasi immutability.

Versi 2 — Environment / Lingkungan

Diubah oleh: Gerry Bolsala

Waktu: 23 Jun 2026 10:10

Riwayat Perubahan

Previous Hash

de2d758cb44daacef2...7f35be89aa

Current Hash

8dd336809abf2c9640...791880cec6

Change Hash

097a63eae171d393b5...3d83555fea

Ringkasan Perubahan

Indikator	Data Sebelum	Data Sesudah
Konsumsi Energi	200	300

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa blockchain memiliki peran konseptual dalam meningkatkan kualitas informasi laporan keberlanjutan. Peran tersebut terlihat melalui lima karakteristik utama, yaitu transparansi, immutability, traceability, security, dan decentralization. Kelima karakteristik ini membantu memperjelas asal-usul data, menjaga integritas perubahan informasi, menelusuri aktor dan proses, membatasi akses sesuai peran, serta mendistribusikan kontrol dalam pelaporan ESG. Dari hasil sintesis, penelitian ini menemukan enam tema utama, yaitu transparansi dan provenance data, integritas dan anti-manipulasi, akuntabilitas dan keterlacakan, standardisasi dan keterbandingan, mitigasi greenwashing, serta kendala implementasi dan desain kontrol. Temuan ini memberikan implikasi teoritis berupa penguatan konsep embedded control dalam pelaporan keberlanjutan serta implikasi praktis bagi perusahaan yang ingin meningkatkan kredibilitas laporan ESG.

Secara keseluruhan, blockchain tidak diposisikan sebagai teknologi yang secara otomatis menjamin kebenaran seluruh data keberlanjutan. Blockchain lebih tepat dipahami sebagai embedded control yang memperkuat proses pencatatan, verifikasi, dan publikasi informasi. Prototipe Web2 Proof of Concept yang dikembangkan dalam penelitian ini digunakan untuk memvisualisasikan prinsip tersebut melalui audit trail, approval multipihak, hash, timestamp, bukti pendukung, dan portal transparansi ESG. Dengan demikian, kualitas laporan keberlanjutan dapat diperkuat apabila setiap klaim ESG tidak hanya disajikan sebagai narasi, tetapi juga dihubungkan dengan bukti, proses verifikasi, dan jejak data yang dapat ditelusuri.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan prototipe ke tahap implementasi blockchain teknis secara lebih nyata, misalnya melalui penggunaan distributed ledger, smart contract, mekanisme konsensus, dan integrasi dengan standar pelaporan seperti GRI, IFRS Sustainability Disclosure Standards, atau regulasi OJK. Selain itu, pengujian terhadap pengguna, auditor, regulator, dan perusahaan perlu dilakukan agar efektivitas sistem tidak hanya dinilai secara konseptual, tetapi juga berdasarkan pengalaman penggunaan, kesiapan organisasi, keamanan data, biaya implementasi, dan manfaat praktis dalam mengurangi risiko greenwashing pada laporan keberlanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bassam, M. (2017). SCPKI: A smart contract-based PKI and identity system. In Proceedings of the ACM Workshop on Blockchain, Cryptocurrencies and Contracts (pp. 35–40). ACM.
<https://doi.org/10.1145/3055518.3055530>
- Ahmed, W. A. H., & MacCarthy, B. L. (2023). Blockchain-enabled supply chain traceability—How wide? How deep? International Journal of Production Economics, 263, 108963.
<https://doi.org/10.1016/j.iipe.2023.108963>
- Amazon Web Services. (2020). Blockchain for sustainability [White paper].
<https://d1.awsstatic.com/whitepapers/blockchain-for-sustainability.pdf>
- Anis, I., Arsyah, R. J., & Hartini, H. (2024). The role of interactive control systems in strengthening ESG practices and investment efficiency: MCS-LOC insights. Jurnal Akuntansi dan Keuangan Indonesia, 21(2), 161–189. <https://doi.org/10.21002/jaki.2024.08>
- Ballandies, M. C., Dapp, M. M., Degenhart, B. A., & Helbing, D. (2021). Finance 4.0: Design principles for a value-sensitive cryptoeconomic system to address sustainability. arXiv.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2105.11955>
- Behrouzi, M., Albadvi, A., & Emaadi Safavi, P. (2023). Designing a blockchain-based customer loyalty programme using design science research method. The Journal of the British Blockchain Association, 6(2), 1–8. [https://doi.org/10.31585/jbba-6-2-\(8\)2023](https://doi.org/10.31585/jbba-6-2-(8)2023)
- Berg, F., Kölbel, J. F., & Rigobon, R. (2022). Aggregate confusion: The divergence of ESG ratings. Review of Finance, 26(6), 1315–1344. <https://doi.org/10.1093/rof/rfac033>
- Boiral, O. (2013). Sustainability reports as simulacra? A counter-account of A and A+ GRI reports. Accounting, Auditing & Accountability Journal, 26(7), 1036–1071. <https://doi.org/10.1108/AAAJ-04-2012-00998>
- Buyssens, H., & Viaene, S. (2024). Meta-requirements for the design of a blockchain-enabled multi-sided platform for sustainability and circular economy. In Proceedings of the 57th Hawaii International Conference on System Sciences. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2024.519>
- Cao, S., Xu, H., & Bryceson, K. P. (2023). Blockchain traceability for sustainability communication in food supply chains: An architectural framework, design pathway and considerations. Sustainability, 15(18), 13486. <https://doi.org/10.3390/su151813486>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. Telematics and Informatics, 36, 55–81. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- Cho, C. H., Laine, M., Roberts, R. W., & Rodrigue, M. (2015). Organized hypocrisy, organizational façades, and sustainability reporting. Accounting, Organizations and Society, 40, 78–94. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2014.12.003>
- Diouf, D., & Boiral, O. (2017). The quality of sustainability reports and impression management: A stakeholder perspective. Accounting, Auditing & Accountability Journal, 30(3), 643–667. <https://doi.org/10.1108/AAAJ-04-2015-2044>
- Dong, C., Liu, Q., Shen, B., & Cai, Y.-J. (2023). Logistics outsourcing: Effects of greenwashing and blockchain technology. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 170, 103015. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103015>

- Giganti, P., Borrello, M., Falcone, P. M., & Cembalo, L. (2024). The impact of blockchain technology on enhancing sustainability in the agri-food sector: A scoping review. *Journal of Cleaner Production*, 456, 142379. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142379>
- Global Reporting Initiative. (2021a). *GRI 1: Foundation 2021*. Global Reporting Initiative. <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Global Reporting Initiative. (2021b). *GRI 2: General Disclosures 2021*. Global Reporting Initiative. <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Global Reporting Initiative. (2021c). *GRI 3: Material Topics 2021*. Global Reporting Initiative. <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Global Reporting Initiative. (2024). *GRI 101: Biodiversity 2024*. Global Reporting Initiative. <https://www.globalreporting.org/standards/>
- Hina, M., Islam, N., & Dhir, A. (2024). Blockchain for sustainable consumption: An affordance and consumer value-based view. *Internet Research*, 34(7), 215–250. <https://doi.org/10.1108/INTR-07-2023-0523>
- Hummel, K., & Schlick, C. (2016). The relationship between sustainability performance and sustainability disclosure: Reconciling voluntary disclosure theory and legitimacy theory. *Journal of Accounting and Public Policy*, 35(5), 455–476. <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2016.06.001>
- Huy, P. Q., & Phuc, V. K. (2025). Unveiling how blockchain-based internal auditing practices impact SDG 8 achievement? Mediating role of digital green corporate social responsibility. *Research in Economics*, 79(3), 101057. <https://doi.org/10.1016/j.rie.2025.101057>
- International Accounting Standards Board. (2018). *Conceptual Framework for Financial Reporting*. IFRS Foundation. <https://www.ifrs.org/>
- International Sustainability Standards Board. (2023a). *IFRS S1: General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information*. IFRS Foundation. <https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-standards-navigator/ifrs-s1-general-requirements/>
- International Sustainability Standards Board. (2023b). *IFRS S2: Climate-related Disclosures*. IFRS Foundation. <https://www.ifrs.org/issued-standards/ifrs-sustainability-standards-navigator/ifrs-s2-climate-related-disclosures/>
- Kim, H. M., & Laskowski, M. (2018). Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 25(1), 18–27. <https://doi.org/10.1002/isaf.1424>
- Kouhizadeh, M., Saberi, S., & Sarkis, J. (2021). Blockchain technology and the sustainable supply chain: Theoretically exploring adoption barriers. *International Journal of Production Economics*, 231, 107831. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107831>
- Liu, X., Liang, W., Fu, Y., & Huang, G. Q. (2024). Dual environmental, social, and governance disclosure based on blockchain technology. *Sustainability*, 16(10), 4272. <https://doi.org/10.3390/su16104272>
- Maroun, W. (2019). Does external assurance contribute to higher quality integrated reports? *Journal of Accounting and Public Policy*, 38(4), 106670. <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2019.06.002>
- Messina, M., Eslami, M. H., & Castilla, J. C. (2025). The use of blockchain in organisations for sustainable development: A systematic literature review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Research*, 63(14), 5043–5070. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2432467>
- Michelon, G., Pilonato, S., & Ricceri, F. (2015). CSR reporting practices and the quality of disclosure: An empirical analysis. *Critical Perspectives on Accounting*, 33, 59–78. <https://doi.org/10.1016/j.cpa.2014.10.003>
- Mulligan, C., Morsfield, S., & Cheikosman, E. (2024). Blockchain for sustainability: A systematic literature review for policy impact. *Telecommunications Policy*, 48(2), 102676. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102676>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Niu, Y., Fu, Y., Liu, X., Harish, A. R., Li, M., & Huang, G. Q. (2024). Blockchain-based incentive mechanism for environmental, social, and governance disclosure: A principal-agent perspective. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 31(6), 6318–6334. <https://doi.org/10.1002/csr.2916>
- Nygaard, A., & Silkoset, R. (2023). Sustainable development and greenwashing: How blockchain technology information can empower green consumers. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3801–3813. <https://doi.org/10.1002/bse.3338>
- Pizzi, S., Caputo, A., Venturelli, A., & Caputo, F. (2022). Embedding and managing blockchain in sustainability reporting: A practical framework. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 13(3), 545–567. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-07-2021-0288>

- Pizzi, S., Mastroleo, G., Venturelli, A., & Caputo, F. (2024). The digitalization of sustainability reporting processes: A conceptual framework. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 1040–1050. <https://doi.org/10.1002/bse.3544>
- Rejeb, A., Appolloni, A., Rejeb, K., Treiblmaier, H., Iranmanesh, M., & Keogh, J. (2023). The role of blockchain technology in the transition toward the circular economy: Findings from a systematic literature review. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 17, 200126. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2022.200126>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117–2135. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- Unerman, J., Bebbington, J., & O'Dwyer, B. (2018). Corporate reporting and accounting for externalities. *Accounting and Business Research*, 48(5), 497–522. <https://doi.org/10.1080/00014788.2018.1470155>
- Wang, Y., Singgih, M., Wang, J., & Rit, M. (2019). Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains? *International Journal of Production Economics*, 211, 221–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.02.002>
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology? A systematic review. *PLOS ONE*, 11(10), e0163477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477>
- Zhu, S., Xia, Y., Yu, L., & Li, J. (2025). Leveraging blockchain technology to prevent deceptive disclosure of ESG compliance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 203, 104360. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104360>