
Optimasi Transparansi Data dalam Rantai Pasokan melalui Integrasi Teknologi Blockchain

Desy Apriani¹, Nadia Nur Azizah², Nova Ramadhona³, Dhiyah Ayu Rini Kusumawardhani⁴

^{1,2,3,4} Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Raharja
Jenderal Sudirman No. 40 Cikokol, Tangerang 15117

desy@raharja.info, nnazizah74@gmail.com, nova.ramadhona@raharja.info,
dhiyah@raharja.info

*Corresponding Author: nnazizah74@gmail.com

ABSTRAK

Dalam rantai pasokan modern, keterbukaan data memiliki peranan penting dalam mendorong kepercayaan mitra dan meningkatkan kerja sama tim. Teknologi *blockchain* menawarkan potensi untuk memberikan transparansi yang lengkap dalam rantai pasokan. Namun, ada kekhawatiran terkait privasi yang membuat beberapa pelaku pasar enggan mengadopsi *blockchain*. Penelitian ini bertujuan untuk menyoroti persyaratan dan kesulitan keterbukaan dalam rantai pasokan. Penelitian ini menganalisis sejumlah proyek rantai pasokan yang menggunakan *blockchain* dalam berbagai cara di platform utama mereka. Kami memeriksa metode dan sumber daya yang digunakan dalam proyek-proyek ini untuk mengatasi tantangan transparansi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun proyek-proyek tersebut telah berhasil meningkatkan tingkat transparansi dalam rantai pasokan, tetapi peningkatan tambahan masih diperlukan. Hal ini disebabkan oleh permintaan beragam dari mitra-mitra yang membutuhkan keseimbangan antara transparansi data dan opasitas proses untuk menjaga privasi operasional mereka serta membatasi akses ke data sensitif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis pendekatan yang digunakan dalam proyek rantai pasokan yang mengadopsi *blockchain* untuk meningkatkan transparansi. Penelitian ini juga bermaksud menyoroti tantangan dan kebutuhan yang harus diatasi untuk mencapai keseimbangan yang tepat antara transparansi dan privasi dalam rantai pasokan. Dalam penelitian ini, menyimpulkan bahwa meskipun *blockchain* memiliki potensi besar untuk memberikan transparansi dalam rantai pasokan, tetapi tantangan terkait privasi masih menjadi hambatan. Untuk mencapai kesuksesan penuh, perlu ada pengembangan lebih lanjut dalam hal mengatur akses data sensitif, menjaga privasi operasional mitra, dan memenuhi persyaratan yang beragam dari para pemangku kepentingan dalam rantai pasokan. Dengan demikian, langkah-langkah tambahan perlu diambil untuk mencapai keseimbangan yang tepat antara transparansi data dan privasi.

Kata Kunci: Rantai Pasokan, DLT, Rantai Blok, IoT, Kontrak Pintar

ABSTRACT

*In modern supply chains, open data plays an important role in driving partner trust and enhancing teamwork. Blockchain technology offers the potential to provide complete transparency in supply chains. However, there are privacy concerns that make some market players reluctant to adopt blockchain. This study aims to highlight the requirements and difficulties of openness in supply chains. This research analyzes a number of supply chain projects that use blockchain in various ways on their main platforms. We examine the methods and resources used in these projects to address data transparency challenges. The research results show that although these projects have succeeded in increasing the level of transparency in the supply chain, additional improvements are still needed. This is due to varying demands from partners who need a balance between data transparency and process opacity to maintain the privacy of their operations and limit access to sensitive data. The aim of this research is to identify and analyze the approaches used in supply chain projects that adopt blockchain to increase transparency. This research also aims to highlight the challenges and needs that must be addressed in order to strike the right balance between transparency and privacy in the supply chain. In this study, concluded that although blockchain has great potential to provide transparency in the supply chain, challenges related to privacy are still an obstacle. To achieve full success, there needs to be further development in terms of regulating access to sensitive data, safeguarding the operational privacy of partners, and meeting the diverse requirements of stakeholders in the supply chain. Thus, additional steps need to be taken to strike the right balance between data transparency and privacy.***Keywords:** Supply Chain, DLT, Blockchain, IoT, Smart Contracts

Copyright Author 2023 Desy Apriani¹, Nadia Nur Azizah², Nova Ramadhona³, Dhiyah Ayu Rini Kusumawardhani⁴
Karya ini berlisensi di bawah [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY 4.0)



Desy Apriani, Nur Azizah, N., Nova Ramadhona, & Dhiyah Ayu Rini Kusumawardhani. (2023). Optimasi Transparansi Data dalam Rantai Pasokan melalui Integrasi Teknologi Blockchain. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.34306/mentari.v2i1.326>

Retrieved from <https://journal.pandawan.id/mentari/article/view/236>

Notifikasi Penulis: 17 Maret 2023

Akhir Revisi: 29 Mei 2023

Terbit: 12 Juni 2023

1. PENDAHULUAN

Transparansi dalam rantai pasokan menjadi semakin penting untuk mempertahankan operasi perusahaan dan memproduksi barang dengan kaliber tertinggi [1]. Rantai pasokan yang sangat transparan diperlukan untuk kolaborasi yang efektif di antara banyak pemangku kepentingan. Pada kenyataannya, transparansi memberi semua pelaku rantai pasokan visibilitas lengkap ke dalam informasi, produk, dan layanan yang diperkenalkan dan diperdagangkan [2]. Transparansi dan ketertelusuran keduanya telah digunakan untuk mencirikan fitur ini dalam banyak karya sastra. Memiliki akses dan kontrol yang mudah atas data, terlepas dari di mana disimpan atau program apa yang membuatnya, disebut sebagai transparansi data. Di sisi lain, kemampuan untuk mengidentifikasi produk pada titik mana pun dalam rantai pasokan disebut sebagai ketertelusuran dalam rantai pasokan oleh ISO 9000:2005 [3]. Informasi yang diungkapkan kepada mitra dagang, pemegang saham, klien, konsumen, dan badan pengatur disebut transparan dalam rantai pasokan [4]. Selama rantai pasokan, sistem mencatat data tingkat tinggi di banyak lokasi yang terlibat, identitas pemasok, komponen produk, dan sertifikat terkait. Dapat ditarik kesimpulan bahwa ketertelusuran merupakan syarat untuk terwujudnya transparansi berdasarkan definisi-definisi sebelumnya. Dengan ketertelusuran, dimungkinkan untuk menilai keefektifan rantai pasokan, memenuhi kewajiban hukum, dan memvalidasi klaim keberlanjutan. Untuk mencapai ketertelusuran dan tingkat transparansi yang tinggi, beberapa proyek rantai pasokan kontemporer menggunakan pendekatan teknis yang beragam.

Selain itu, rantai pasokan yang transparan membutuhkan kepercayaan sebagai komponen fundamental. Menurut penelitian, masalah utama yang menghambat kerja sama adalah ketidakpercayaan di antara anggota rantai pasokan. Setiap mitra otonom dalam rantai pasokan adalah sistem terpusat sendiri [5].

Jadi, jika tidak ada kepercayaan di antara para pihak, keterbukaan data dapat dikompromikan dan perlu diperkuat. Pelanggan juga dapat meminta informasi tentang produk, seperti di mana dibuat, seberapa baik disajikan, dan apakah aman. Memungkinkan orang dan bisnis untuk melacak asal produk membantu membangun kepercayaan dengan menawarkan transparansi di sepanjang rantai pasokan. Teknologi *Internet of Things* (IoT) dapat digunakan untuk melakukan hal ini. Untuk meningkatkan kinerja dan keterlacakan rantai pasokan, teknologi IoT digunakan untuk mendistribusikan data yang dikumpulkan melalui jaringan [6]. Beban data yang meningkat dalam sistem terpisah milik mitra, bagaimanapun, mulai membatasi rantai pasokan.

Distributed Ledger Technology (DLT), dan *Blockchain* khususnya secara umum adalah kandidat kuat untuk mengatasi masalah terkait kepercayaan dengan memungkinkan transparansi catatan data yang lengkap [7]. *Platform peer-to-peer* terdesentralisasi rantai pasokan, yang berbasis kriptografi, meningkatkan kepercayaan antar pihak [8]. Karena semua catatan disimpan dalam buku besar pada setiap sistem pemangku kepentingan, menggunakan platform *Blockchain* untuk rantai pasokan mengurangi ketidakpastian yang ada di balik pengumpulan basis data independen yang digunakan oleh sistem rantai pasokan konvensional. Selain itu, *Blockchain* mencegah penghapusan atau perubahan catatan apa pun tanpa meninggalkan jejak [9]. Hal ini disebabkan fakta bahwa masing-masing mitra memiliki salinan buku besar saat ini, yang memberi setiap orang pemahaman yang jelas tentang isinya. *Blockchain* adalah instrumen praktis untuk menyelesaikan masalah kepercayaan dan kolaborasi dalam rantai pasokan, menurut banyak penelitian yang telah meneliti komponen penting dalam penggunaan solusi *Blockchain* [10]. "Mesin kebenaran" berfungsi sebagai pencegah penyimpangan bisnis. Selain itu, sejumlah bukti konsep *Proof of concept* (POC) atau skema percontohan telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir menggunakan teknologi untuk memeriksa rantai pasokan untuk tujuan ketertelusuran dan transparansi [11]. Karena struktur terdesentralisasi platform, transparansi data adalah fitur yang dibangun ke dalam [12]. Ketika pemangku kepentingan rantai pasokan memiliki data sensitif yang tidak boleh dipublikasikan, tidak jelas dalam situasi ini bagaimana mengontrol privasi atau opasitas data dalam *Blockchain public* [13]. Selain fungsi transparansi *Blockchain* saat ini, proyek rantai pasokan jauh melampaui keterbukaan yang disediakan dan menyertakan peningkatan keinginan [4]. Tidak ada penelitian mendalam yang mengklasifikasikan dan mengkaji transparansi data dari rantai pasokan berbasis, meskipun faktanya sangat penting dalam menciptakan rantai pasokan modern. Kontribusi pada penelitian ini yaitu :

1. Melakukan survei proyek rantai pasokan berbasis DLT yang ada yang meratakan transparansi data
2. Menyelidiki teknik yang digunakan dalam proses peningkatan transparansi data
3. Meneliti pentingnya transparansi dan batasan antara transparansi dan opasitas melalui kontrol akses agar berhasil mengintegrasikan *Blockchain* ke dalam rantai pasokan
4. Meneliti peran smart contract dan teknologi IoT dalam mencapai transparansi data yang dapat dikontrol, dan menyerukan investasi lebih lanjut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Transparansi data rantai pasokan adalah salah satu topik yang dibahas dalam artikel ini. Investigasi dalam bidang studi ini didorong oleh meningkatnya permintaan akan transparansi yang tersedia dalam rantai pasokan [14]. Beberapa penelitian telah memperhitungkan integrasi rantai pasokan blockchain dan evolusi desentralisasi yang signifikan. Namun, tidak banyak penelitian yang mengamati transparansi data rantai pasokan. Riset dan survei yang telah dilakukan selama ini mengenai efektivitas transparansi rantai pasok disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Studi terkait dengan transparansi data rantai pasokan berbasis Blockchain

Tahun	Peran
2020	Menguraikan peran kolaborasi merek LSM dalam meningkatkan transparansi rantai pasokan
2020	Mengembangkan arsitektur sistem untuk mengintegrasikan <i>Blockchain</i> , IoT, dan analitik data untuk menyediakan produk yang berkelanjutan
2019	Mempelajari relevansi transparansi rantai pasokan dengan tata kelola keberlanjutan

	rantai pasokan
2018	Melakukan adopsi <i>Blockchain</i> untuk transparansi rantai pasokan
2020	Tinjau transparansi / keterlacakan rantai pasokan berbasis <i>Blockchain</i> dalam literatur
2020	Mengembangkan kontrak pintar untuk secara langsung mengarahkan transparansi rantai pasokan
2020	Mengusulkan platform multi-rantai untuk meningkatkan ketertelusuran rantai pasokan <i>e-commerce</i> lintas batas

Memasukkan teknologi *Blockchain* ke dalam rantai pasokan merupakan hal baru. Untuk mencapai ketertelusuran dan keberlanjutan produk yang signifikan di kalangan bisnis dan masyarakat, strategi baru harus diterapkan. Studi ini menunjukkan perkembangan transparansi data dalam sistem desentralisasi kontemporer dibandingkan dengan kehadirannya dalam sistem terpusat tradisional dan membahas efektivitas transparansi dan ketertelusuran data *Blockchain* dalam rantai pasokan. Selain itu, ini melihat ke dalam masalah utama dengan transparansi yang mengganggu semua rantai pasokan dan menekankan nilai mengadopsi platform baru yang terdesentralisasi. Poin-poin penelitian dirangkum dalam pertanyaan-pertanyaan berikut:

Q1: Apa saja tantangan terkait transparansi data dalam rantai pasokan?

Q2: Apa pengaruh *Blockchain* terhadap transparansi data dalam rantai pasokan?

Q3: Apa saja teknik DLT yang ada untuk mencapai transparansi dalam rantai pasokan?

Q4: Rantai pasokan mana yang terintegrasi dengan DLT? Bagaimana mereka menangani transparansi?

Q5: Apa hambatan logistik yang akan memengaruhi pencapaian transparansi yang terkendali?

Q6: Tindakan tambahan apa yang harus diambil untuk meningkatkan transparansi rantai pasokan?

Menyelidiki survei dan penelitian yang relevan yang tercantum dalam Tabel 1 akan membantu penelitian dalam menjawab masalah ini. Namun, untuk mengatasi masalah studi dan mengusulkan metode dan kerangka kerja yang bertanggung jawab untuk mengembangkan transparansi rantai pasokan berdasarkan teknologi DLT dan IoT, diperlukan lebih banyak pekerjaan. Untuk bergerak dalam pendekatan ini, dimulai dengan melihat artikel yang seluruhnya atau sebagian membahas transparansi rantai pasokan dan ditempatkan di database ilmiah seperti ACM, Elsevier, IEEE, dll. Kedua, menyelidiki 24 proyek dan percontohan yang sekarang ada dan mendesentralisasi rantai pasokan mereka, menyoroti metodologi yang diadopsi. Beberapa kertas putih yang tersedia yang terkait dengan inisiatif yang diteliti juga diperiksa. Tidak ada latar belakang teknis menyeluruh untuk beberapa proyek yang tercakup dalam makalah ini.

Keterbaruan penelitian ini terdapat pada elemen-elemen berikut: Memberikan rincian lebih lanjut tentang jawaban atas pertanyaan yang disebutkan di atas, menunjukkan berbagai metode yang dapat digunakan peneliti dan pengembang untuk mengadopsi *platform* rantai pasokan bijaksana, serta menunjukkan kegunaan metode ini, akan membantu memandu penelitian masa depan tentang topik kontrol akses transparansi [15]. Peneliti yang tertarik dengan keterbukaan data dapat menggunakan publikasi ini sebagai panduan. Karena memeriksa dan menyajikan proyek saat ini serta metode mutakhir mereka untuk mencapai transparansi rantai pasokan yang diperlukan, ini membantu mereka dalam mengembangkan strategi transparansi baru untuk proyek mereka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agar proses rantai pasokan dioptimalkan dan untuk menjaga ikatan yang kuat dengan mitra dagang, pemangku kepentingan produksi mencari kerja sama. Karena berbagai inisiatif kolaboratif, komunikasi yang tidak konsisten, dan berbagai tingkat kompetensi perdagangan dan proses bisnis, kolaborasi di antara banyak sistem independen menimbulkan masalah bagi mitra rantai pasokan. Untuk sepenuhnya memanfaatkan keuntungan dari bisnis kolaboratif, rantai pasokan kolaboratif mengharuskan pemasok dan sub-pemasok berbagi data dalam lingkungan yang benar-benar terbuka. Satu langkah ke atas, satu langkah ke bawah adalah teknik terkenal untuk mencapai transparansi yang digunakan sebelum *Blockchain*. Demi ketertelusuran, beberapa rantai pasokan menggunakan ide ini. Setiap pemasok harus membagi informasi mereka dengan pemasok dekat lainnya sesuai dengan ide ini. Dengan kata lain, itu adalah rantai informasi bersama di mana setiap penyedia menerima informasi yang cukup tentang barang yang masuk dan

kemudian mendistribusikan seluruh pengetahuan secara menyeluruh ke semua pemasok lainnya. Aktor berbagi informasi satu sama lain adalah proses terdekat. Transparansi tidak sepenuhnya dicapai dengan metode ini karena hanya memungkinkan visibilitas dua langkah. FarmaTrust juga menemukan bahwa rantai pasokan modern yang tersentralisasi tidak cukup memanfaatkan teknologi seperti pelabelan tahan holografik dan nomor seri individu [16]. Selain itu, pertumbuhan banyak teknologi lain, seperti IoT dan lainnya, serta kesulitan yang membutuhkan intervensi dari *Blockchain* yang terdesentralisasi. Dalam hal ide rantai pasokan baru, *Blockchain* tidak diragukan lagi merupakan lompatan kuantum. Sistem kronologis terdesentralisasi, yang tidak dapat diubah, tahan pemalsuan, transparan, dan andal, diperbarui dengan data rantai pasokan terbaru dengan cara yang unik.

Beberapa solusi yang ditujukan untuk peningkatan rantai pasokan modern dengan integrasi *Blockchain* telah dibahas. *Blockchain* meningkatkan sistem dengan kepercayaan, transparansi, dan ketertelusuran. Inisiatif ini memasukkan *Blockchain* ke dalam platform mereka untuk mengatasi masalah kepercayaan awal dan mendapatkan manfaat dari sistem DLT lainnya. Tabel 2 menunjukkan metode yang digunakan dalam inisiatif ini untuk meningkatkan ketertelusuran produk dan transparansi data. Menurut klasifikasi yang disebutkan di atas, perangkat IoT dan smart contract adalah strategi yang paling populer. Bergantung pada kebutuhan mereka, sebagian besar proyek menggunakan kedua strategi ini dengan cara yang berbeda. Dengan teknologi seperti kode QR, tag pintar, tag RFID, NEC, dan aplikasi seluler, teknologi IoT sering digunakan untuk melacak dan melacak objek. Beberapa perangkat IoT lebih lanjut juga tersedia yang terutama dirancang untuk transparansi rantai pasokan. Kontrak pintar digunakan oleh beberapa proyek karena dibuat menggunakan teknologi *Blockchain*, seperti Ethereum. Kontrak pintar juga dibuat untuk menjamin transparansi jaringan off-chain yang ada di luar *Blockchain*. Menetapkan standar dan ukuran standar Ambrosus adalah contoh alat peningkatan kontrak pintar. Alat lain dapat diwakili dengan membuat beberapa kontrak pintar atau memberikan peran berbeda kepada peserta berbeda dalam proyek yang sama. Menggunakan fungsi crypto-hash, algoritma pohon Merkle adalah metode untuk menghapus input data yang tidak akurat dengan cepat dan tepat [17]. Untuk melindungi informasi sensitif dan meningkatkan transparansi, terapkan bukti tanpa pengetahuan. Penambahan bidang baru ke dalam format transaksi *Blockchain*, yang meningkatkan transparansi dan memfasilitasi ketertelusuran, merupakan salah satu strategi yang digunakan pada tingkat peningkatan inti *Blockchain*.

Tabel 2. Teknik transparansi proyek berbasis DLT rantai pasokan.

Nama Proyek	Teknik Transparasi	Alat
FarmaTrust	Kontrak pintar	Pemanfaatan normal
	Keterlibatan perangkat IoT	Pemindai kode QR melalui ponsel SMS/kode label suara pada ponsel tradisional
Zero defects	Peningkatan inti <i>blockchain</i>	<i>Platform</i> DLT IOTA
Devery	Kontrak pintar	Kontrak pintar untuk pendaftaran dan verifikasi
BlockGrain	Kontrak pintar	Manajemen <i>blockchain</i> publik/swasta
ProductChain	Keterlibatan perangkat IoT	Kosakata transaksi
Vechain	Peningkatan inti <i>blockchain</i>	Format blok transaksi (ID, DependsOn, Blockref)
	Kontrak pintar	Pemanfaatan normal
Cargocoin	Kontrak pintar	Pemanfaatan normal
Modum	Keterlibatan perangkat IoT	"track and trace" QR code
	Keterlibatan perangkat IoT	Pencatat suhu sedang
	Kontrak pintar	Pemanfaatan normal

Koneksi DLT dengan rantai pasokan menawarkan ketertelusuran ujung ke ujung dan visibilitas penuh semua komponen platform, secara signifikan menyelesaikan masalah transparansi data. Selain itu,

beberapa dari proyek ini mengambil langkah ekstra dan menyarankan untuk menambahkan tingkat transparansi lainnya. Dengan membuat prosedur yang menawarkan keunggulan dibandingkan karakteristik *blockchain* yang ada, mereka bertujuan untuk meningkatkan ketertelusuran data. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, beberapa teknik pelacakan yang ditingkatkan digunakan, dari menggunakan sensor baru hingga tag dan pelacak. Proyek terkenal yang menggunakan strategi berbeda termasuk Vechain dan Ambrosus. Pohon Merkle, yang didasarkan pada kriptografi hash, digunakan oleh Ambrosus dalam prosedur transaksinya. Pengguna dapat dengan cepat menemukan data mereka dan menghapus input yang salah menggunakan pendekatan hierarki. Untuk membedakan antara catatan *blockchain* yang besar, teknik pohon juga dapat digunakan dengan perangkat IoT lain atau aplikasi pemindaian seluler.

3.1 IoT untuk Peningkatan Transparansi

Untuk meningkatkan transparansi dan ketertelusuran rantai pasokan, integrasi IoT dan *blockchain* menjadi semakin penting. Keunggulan utama perangkat IoT dibandingkan teknik manual konvensional meliputi kemampuan untuk mengumpulkan data yang akurat, menyesuaikan dengan cepat, dan menyediakan layanan yang selalu tersedia. Karena fakta bahwa pihak-pihak yang relevan untuk kolaborasi semacam itu seringkali berasal dari pemasok yang beragam dan memiliki hubungan kepercayaan yang kompleks atau ambigu, IoT berjuang untuk mencapai kerja sama yang sebenarnya di bawah struktur pusat yang ada. Akibatnya, hanya lingkungan tepercaya yang dapat memanfaatkan kolaborasi perangkat IoT yang ada. *blockchain* dapat memverifikasi bahwa data di jaringan itu asli karena merupakan teknologi yang menyediakan layanan kepercayaan. Saat diunggah dari sumber aslinya, IoT memastikan keefektifan informasi yang akurat. Ketika IoT dan *blockchain* digabungkan, jalur inovasi dengan potensi tak terbatas menjadi mungkin. Untuk melacak sejarah berbagai produk, sebagian besar dapat digunakan. Untuk proses bisnis baru, teknologi IoT sangat penting. Perangkat IoT adalah antarmuka fisik yang mengumpulkan data, oleh karena itu mereka juga berkontribusi pada pengembangan hubungan yang harmonis antara *blockchain* dan seluruh dunia [4]. Teknologi IoT juga dapat menghilangkan elemen yang mengganggu dari sumbernya untuk menjamin keakuratan data. RFID, jaringan sensor nirkabel (WSN), *middleware*, komputasi awan, dan perangkat lunak IoT adalah teknologi IoT utama yang digunakan di sektor industri. Berbeda dengan bakat manusia, pendekatan IoT membantu produsen mengumpulkan data secara andal dengan membantu mereka mengenali variasi suhu, menentukan jumlah waktu yang telah berlalu, dan menentukan intensitas warna.

Table 3. Proyek rantai pasokan berbasis DLT yang didukung IoT

Projek	Teknologi IoT	Peran IoT	Basis Teknologi
Modum	Pencatat suhu sedang	Lacak suhu obat secara instan	Kontrak pintar dan BLE
WaltonChain	IOT-RU20 (IC tag RFID dan IC pembaca)	Unggah data langsung ke <i>Blockchain</i> dan menyadari Anti-pemalsuan	UHF Android Cerdas RFID Pembaca/Penulis
Vechain	Pengembangan teknologi tag chip terenkripsi	Memantau dan melacak	Menambahkan ID dan kunci asimetris ke perangkat IoT
Wabi	Walimai	Menghubungkan aset digital dan fisik melalui label RFID	Label RFID aman Otentikasi dilakukan melalui konsumen seluler
Everledger	Pelabelan Cerdas	Menghubungkan aset digital dan fisik melalui RFID, NFC	NFC, beacon RFID, dan DNA sintetik

Dengan mengintegrasikan teknologi IoT ke dalam proyek mereka, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, banyak proyek memastikan transparansi rantai pasokan. Teknologi ini diterapkan secara berbeda di setiap proyek. Waltonchain memiliki hubungan dekat dengan orang yang menciptakan RFID. Untuk memberikan sistem bisnis dengan ketahanan tamper, keandalan, anti-pemalsuan, dan ketertelusuran, itu

memperkenalkan versi RFID yang ditingkatkan untuk rantai pasokan yang dibangun di atas *Blockchain* [18]. Oleh karena itu, proyek Waltonchain berisi IC tag RFID dan IC pembaca yang ideal untuk aplikasi selain karakteristik *Blockchain*. Kurva eliptik dan modul akselerasi dekripsi berdasarkan teknologi RFID saat ini dan protokol antarmuka komunikasi untuk aplikasi *Blockchain* dimasukkan ke dalam IC, yang memberi mereka fitur khususnya. Waltonchain menyediakan solusi IoT komprehensif untuk aplikasi berbasis *Blockchain*. Itu hanya memiliki tanggung jawab untuk memverifikasi tanda tangan dan mengecualikan tag dari penyimpanan data. Untuk menjamin bahwa tag aplikasi IoT berbeda, nyata, dan kebal terhadap gangguan, tag membuat kunci publik dan pribadi acak sendiri [19]. Untuk menghindari kelebihan data dalam aplikasi IoT, tag dapat mengurangi jumlah informasi yang disimpan. Selain itu, tag memberikan solusi untuk masalah enkripsi dan dekripsi tertunda teknologi enkripsi asimetris. Modum membuat suhu logger Modum, perangkat RFID IoT tambahan. Logger adalah sensor suhu Internet of Things (IoT) yang dibuat untuk perangkat medis yang tidak memerlukan pendinginan aktif saat transit [20]. Suhu yang sedang dilacak selama transportasi disimpan dalam memori logger. Paket dapat diperiksa melalui Bluetooth tanpa dibuka. Setiap temuan evaluasi disimpan dalam kontrak pintar yang tidak dapat diubah di dalam *Blockchain*. Dengan memasukkan identifikasi pribadi menggunakan teknik kunci asimetris, Vechain meningkatkan lapisan chip komponen IoT konvensional [17]. Ini menghasilkan ID 20-byte acak yang di-hash dan diubah menjadi Setiap perangkat keras IoT dicirikan dengan cara ini oleh ID yang berbeda dan kunci asimetris. *Blockchain* berfungsi sebagai gudang permanen untuk Pengidentifikasi ini, yang dikendalikan oleh kontrak pintar. Tujuan yang sama dapat dicapai dengan menggunakan banyak teknologi [21]. Koneksi aset digital dan fisik dengan IoT dan *Blockchain* adalah sesuatu yang diminati oleh Wabi dan Everledger. Namun, perangkat tag IoT yang mereka gunakan berbeda-beda.

3.2 Kontrak Cerdas untuk Peningkatan Transparansi

Transparansi rantai pasok terhambat oleh struktur jaringan produksi yang kompleks, yang juga berdampak pada sistem kolaborasi secara keseluruhan. Kesenjangan transparansi dapat ditutup dengan baik dan kolaborasi dapat diatur menggunakan kontrak pintar. Kontrak pintar memastikan pelacakan dan pemantauan konten data produk yang ditargetkan selain memainkan peran penting dalam membangun kontrak hukum di antara para peserta *Blockchain* [22]. Kontrak pintar digunakan di beberapa proyek rantai pasokan menggunakan teknologi *blockchain* yang termasuk dalam Tabel 3 untuk meningkatkan transparansi. Bergantung pada kebutuhan infrastrukturnya, mereka mengintegrasikannya dengan berbagai cara. Dengan menawarkan kerangka kerja yang menghubungkan kontrak pintar dan aset rantai pasokan industri, kontrak pintar digunakan untuk transparansi.

3.3 Transparansi Versus Opasitas: Kontrol Akses

Hambatan lain ada yang akan mencegah pencapaian transparansi lengkap selain kendala teknis yang telah diuraikan. Transparansi yang lengkap (tidak terbatas) tidak sesuai dengan kerahasiaan dan opasitas yang diminta oleh pemangku kepentingan yang ingin merahasiakan informasi tertentu, seperti rencana, biaya, atau bahan hak milik [23]. Sejak awal, *Blockchain* telah memastikan untuk menggunakan banyak kunci untuk menandatangani transaksi, menghasilkan dan menggunakan kunci baru hanya sekali untuk setiap transaksi [24]. Ini melindungi keamanan rantai pasokan yang menggunakannya. Menggunakan enkripsi, strategi ini melindungi privasi pengguna. Untuk memungkinkan partai menyesuaikan tingkat transparansi dan opacity mereka berdasarkan kebutuhan dan batasan mereka, diperlukan mekanisme yang canggih [25]. Saat bekerja bersama dalam rantai pasokan, misalnya, beberapa data sensitif dapat dibagikan di antara mitra atau perusahaan. Akibatnya, diminta agar platform terdesentralisasi menggunakan kontrol akses untuk melindungi data tersebut dari pengungkapan dan menawarkan beberapa tingkat anonimitas.

Table 4. Teknik yang berdampak pada kontrol akses transparansi

Teknik	Akses Transparansi Kontrol Dampak	Manfaat	Keterbatasan
Bukti Tanpa Pengetahuan (Zero-Knowledge- Proof)	Sedang	Pastikan privasi di tempat umum <i>Blockchain</i> dan dorong penggabungan rantai pasokan	Tidak dapat memulihkan kredensial pengguna yang hilang
Pohon Merkel	Sedang	Memudahkan penggalian	Tabrakan hash dan

(Merkle tree)		dan pelacakan data	sinkronisasi overhead
Peningkatan inti <i>blockchain</i>	Rendah	Memfasilitasi kontrol akses dalam hal meningkatkan format dan peran transaksi	Tidak memiliki dampak langsung kecuali perbaikan terkait dengan transparansi data
Kontrak Pintar	Sangat Tinggi	Terapkan kontrol akses pengkondisian dan otomatisasi proses ketertelusuran	Kompleksitas dalam skalabel lingkungan
Keterlibatan perangkat IoT	Tinggi	Korelasi data yang cepat dan memfasilitasi otomatisasi	Tidak dapat dikelola dalam sistem terpusat yang luas

Blockchain hybrid adalah solusi yang cocok untuk mengembalikan kepercayaan mitra pada desentralisasi rantai pasokan karena memenuhi kebutuhan akan keterbukaan dan keburaman [26]. Mitra dapat menjalankan dan menyimpan informasi pribadi mereka secara *off-chain*, mendapatkan *opacity* di satu sisi. Namun, untuk memastikan transparansi, mitra dapat mengirimkan data tertentu ke *Blockchain*. Kontrak pintar *hybrid* juga baru-baru ini diajukan, memungkinkan para pihak untuk membuat kontrak pintar yang melindungi data *on-chain* dan *off-chain* dan memungkinkan kontrol data *off-chain* [14].

Penilaian ini menunjukkan bahwa *Blockchain* meningkatkan keseluruhan prosedur dan memberikan karakteristik transparansi tertanam yang diinginkan ke seluruh rantai pasokan [27]. Metode yang dijelaskan dalam penelitian ini juga membantu pelaku rantai pasokan membuat platform sendiri dan berkontribusi pada pencapaian transparansi yang lebih baik. Solusi rantai pasokan berbasis *Blockchain* saat ini tidak memiliki kontrol akses dan transparansi. Karena itu mereka harus mendesain ulang platform mereka. Ada beberapa teknik alternatif yang bisa diterapkan: Dampak paling signifikan terhadap transparansi dan kontrol akses dibuat oleh teknologi smart contract. Untuk meningkatkan transparansi dan menurunkan risiko total, teknologi IoT yang digabungkan dengan kontrak pintar mengotomatiskan proses ketertelusuran [28]. Selain itu, metode kriptografi tambahan, seperti *Zero Knowledge Proof* (ZKP), memberdayakan bisnis untuk bekerja sama dengan *Blockchain* publik sambil menjaga anonimitas mereka [29]. Di masa mendatang, metode ini dapat mempromosikan penggunaan platform rantai pasokan terbuka. Setiap rantai pasokan yang bermaksud mengadopsi teknologi *Blockchain* dapat melakukannya dengan melewati prosedur penegakan kebijakan yang disebutkan di atas untuk validasi yang diperlukan untuk mengidentifikasi jenis dan pendekatan *Blockchain* yang paling tepat [30]. Teknik-teknik yang tercantum di atas yang sesuai dengan kebutuhannya kemudian dapat diselidiki setelah ini. Namun, masih banyak pekerjaan yang harus dilakukan di bidang transparansi data. Untuk menangani dan mengoordinasikan kebutuhan transparansi data dalam teknologi DLT baru, inisiatif yang disebutkan di atas tidak memiliki standar transparansi.

4. KESIMPULAN

Sehubungan dengan transparansi data rantai pasokan berdasarkan *Blockchain*, karya ini menekankan perhatian utama. Ini memperhitungkan kesulitan dan solusi untuk transparansi DLT serta potensi tindakan selanjutnya. Inisiatif-inisiatif yang sekarang berjalan diberikan bersama dengan metodologi yang telah mereka adopsi. Beberapa di antaranya mengintegrasikan fitur *Blockchain* umum seperti transparansi dan ketertelusuran harus disorot. Namun beberapa proyek lain menggunakan strategi lain untuk meningkatkan transparansi dan memenuhi permintaan mereka. Metode paling populer untuk meningkatkan transparansi yaitu teknologi IoT dan smart contract yang canggih, yang juga ditawarkan oleh *Blockchain*. Pendekatan lain, seperti menggunakan alat kriptografi seperti Merkle tree dan zero-knowledge, jarang digunakan dalam proyek. Untuk mengontrol akses tidak terbatas ke data sensitif sesuai dengan standar opasitas dan mencapai transparansi data yang diperlukan dalam rantai pasokan, maka diperlukan lebih banyak perbaikan.

SARAN

Dengan menerapkan teknologi IoT dan *Blockchain*, khususnya kontrak pintar, yang merupakan cara utama untuk mendapatkan transparansi data yang dibutuhkan, bisnis diharapkan dapat meningkatkan efisiensi rantai pasokan mereka. Meski begitu, studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk membuat strategi yang berbeda untuk memenuhi permintaan dan meningkatkan transparansi rantai pasokan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa terima kasih, saya ingin mengucapkan terima kasih atas kesempatan untuk menerbitkan artikel saya di jurnal ini. Saya sangat menghargai kerja keras tim editorial dan waktu yang mereka berikan kepada saya untuk memoles dan memperbaiki artikel saya. Saya berharap artikel ini dapat memberikan kontribusi yang relevan dengan pertumbuhan pengetahuan dan manfaat bagi pembaca jurnal. Terima kasih banyak atas dukungan dan hadiah yang telah dikirimkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Faturahman, N. P. L. Santoso, W. Y. Prihastiyi, and B. A. A. Laksminingrum, "SaaS Platform for Blockchain Based E-Document Authentication applications," in *2022 International Conference on Science and Technology (ICOSTECH)*, IEEE, 2022, pp. 1–7.
- [2] F. Khair and D. I. Wijaya, "Perancangan Pengukuran Kinerja Sistem Rantai Pasok Perusahaan Injeksi Plastik Menggunakan Lean & Green Supply Chain Management (Lgscm)," *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 48–60, 2019.
- [3] N. Hindayani, E. T. Wahyuni, and G. K. P. Amrania, "PERAN BIG DATA TERHADAP KEMAMPUAN PERUSAHAAN MELAKUKAN ANALISIS RANTAI PASOK: STUDI REVIU LITERATUR TERSTRUKTUR," *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi)*, vol. 6, no. 2, pp. 1513–1530, 2022.
- [4] T. Novianti, I. Cahyadi, I. D. Utami, N. E. Anggraeni, and W. A. Sunawan, *Manajemen Rantai Pasok: Metode Teknik*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2022.
- [5] R. E. Werdani, S. R. Mege, N. I. Kurniawati, A. Heryanto, F. U. N. Hanifah, and P. P. Rumah, *Kemitraan Perusahaan Freight Forwarder: Keberlangsungan Sistem Logistik*. Penerbit Pustaka Rumah C1nta.
- [6] J. Simarmata et al., *Dasar-Dasar Teknologi Internet of Things (IoT)*. Yayasan Kita Menulis, 2022.
- [7] M. Rachmaniah, P. Ardi, and M. I. Prakasa, "Sistem Pencatatan Transaksi Distribusi Cabai Menggunakan Extreme Programming dan Teknologi Blockchain," *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 10, no. 2, pp. 194–202.
- [8] L. A. Triana, S. Fajarwati, I. R. Yunita, G. Setyaningsih, and M. A. W. Prasetyo, "Analisis Kesuksesan Website Gratis Kabeh Dengan Pendekatan Delone And Mclean," *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, vol. 5, no. 1, pp. 49–62, 2023.
- [9] N. I. Lubis and A. Pratama, "Perkembangan Sistem Administrasi Pajak Berbasis Blockchain," *Accumulated Journal (Accounting and Management Research Edition)*, vol. 5, no. 1, pp. 27–41, 2023.
- [10] N. P. L. Santoso, Y. Durachman, S. Watini, and S. Millah, "Manajemen Kontrol Akses Berbasis Blockchain untuk Pendidikan Online Terdesentralisasi," *Technomedia Journal*, vol. 6, no. 1 Agustus, pp. 111–123, 2021.
- [11] S. Sudaryono, Q. Aini, N. Lutfiani, F. Hanafi, and U. Rahardja, "Application of Blockchain Technology for iLearning Student Assessment," *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, vol. 14, no. 2, pp. 209–218, 2020.
- [12] M. Rachmaniah, P. Ardi, and M. I. Prakasa, "Sistem Pencatatan Transaksi Distribusi Cabai Menggunakan Extreme Programming dan Teknologi Blockchain," *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 10, no. 2, pp. 194–202.
- [13] Q. Aini et al., "Security level significance in dapps blockchain-based document authentication," *Apptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 4, no. 3, pp. 292–305, 2022.
- [14] A. Bahauddin, "Aplikasi blockchain dan smart contract untuk mendukung supply chain finance UMKM berbasis crowdfunding syariah," *Journal Industrial Servicess*, vol. 5, no. 1, pp. 107–111,

- 2019.
- [15] A. G. Prawiyogi and A. S. Anwar, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023.
 - [16] F. Sunmola and P. Burgess, "Transparency by Design for Blockchain-Based Supply Chains," *Procedia Comput Sci*, vol. 217, pp. 1256–1265, 2023.
 - [17] S. Megawati, "Pengembangan sistem teknologi internet of things yang perlu dikembangkan negara indonesia," *JIEET (Journal of Information Engineering and Educational Technology)*, vol. 5, no. 1, pp. 19–26, 2021.
 - [18] C. D. Mariana, M. M. ST, and I. H. Sutanto, *Crypto Currency: Terobosan atau Ancaman atas Tatanan Finansial Umum?* Prenada Media, 2022.
 - [19] M. I. Rahmawati and A. Subardjo, "INTERNET OF THINGS (IoT) DAN BLOCKCHAIN DALAM PERSPEKTIF AKUNTANSI," *Jurnal Akuntansi dan Keuangan (JAK)*, vol. 28, no. 1, pp. 28–36, 2023.
 - [20] R. Cerchione, P. Centobelli, and A. Angelino, "Blockchain-based IoT model and experimental platform design in the defence supply chain," *IEEE Internet Things J*, 2023.
 - [21] U. Rahardja, V. T. Devana, N. P. L. Santoso, F. P. Oganda, and M. Hardini, "Cybersecurity for FinTech on Renewable Energy from ACD Countries," in *2022 10th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, IEEE, 2022, pp. 1–6.
 - [22] F. P. Oganda, M. Hardini, and T. Ramadhan, "Pengaruh Penggunaan kontrak cerdas pada Cyberpreneurship Sebagai Media Pemasaran dalam Dunia Bisnis," *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, vol. 2, no. 1 Juni, pp. 55–64, 2021.
 - [23] A. H. Sutopo, *Pemrograman Blockchain Smart Contract di Polygon*. Topazart, 2023.
 - [24] N. Ramadhona, A. A. Putri, and D. S. S. Wuisan, "Students' Opinions of the Use of Quipper School as an Online Learning Platform for Teaching English," *International Transactions on Education Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 35–41, 2022.
 - [25] P. A. Sunarya, "Penerapan Sertifikat pada Sistem Keamanan menggunakan Teknologi Blockchain," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 58–67, 2022.
 - [26] D. J. Ghode, V. Yadav, R. Jain, and G. Soni, "Exploring the integration of blockchain technology into supply chain: challenges and performance," *Business Process Management Journal*, vol. 29, no. 1, pp. 223–239, 2023.
 - [27] D. Rustiana, D. Ramadhan, L. Wibowo, and A. W. Nugroho, "State of the Art Blockchain Enabled Smart Contract Applications in the University," *Blockchain Frontier Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 70–80, 2023.
 - [28] H. Hu, J. Xu, M. Liu, and M. K. Lim, "Vaccine supply chain management: An intelligent system utilizing blockchain, IoT and machine learning," *J Bus Res*, vol. 156, p. 113480, 2023.
 - [29] H. Haryani, S. M. Wahid, and A. Fitriani, "Analisa Peluang Penerapan Teknologi Blockchain dan Gamifikasi pada Pendidikan," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 163–174, 2023.
 - [30] I. S. Fadli, N. P. Lestari, and A. A. Putri, "Implementation of White Hat SEO-Based Digital Incubator Platform," *International Transactions on Education Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 122–130, 2023.