



PENGARUH IMPLEMENTASI BLOCKCHAIN TERHADAP EFISIENSI RANTAI PASOK: STUDI KUANTITATIF PADA INDUSTRI LOGISTIK

Benediktus Rolando¹

¹ Management Department, Faculty of Management and Business Science, Universitas Dinamika Bangsa, Indonesia

E-mail: ¹⁾benediktus@unama.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengaruh penerapan teknologi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok pada industri logistik di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab tantangan signifikan yang dihadapi oleh industri, seperti kompleksitas geografis, masalah infrastruktur, dan tingginya biaya logistik. Penelitian ini mengeksplorasi potensi teknologi blockchain, dengan fokus pada peranannya dalam meningkatkan transparansi, ketelusuran, keamanan, dan kepercayaan dalam rantai pasok. Meskipun terdapat banyak penelitian konseptual dalam bidang ini, masih terdapat kesenjangan bukti empiris terkait pengaruh penerapan blockchain terhadap efisiensi rantai pasok. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain korelasional untuk mengisi kesenjangan tersebut, dengan sampel sebanyak 100 profesional di sektor logistik yang telah atau sedang mengimplementasikan teknologi blockchain. Data dikumpulkan menggunakan kuesioner terstruktur dengan skala Likert 5 poin, dan dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26. Analisis utama yang dilakukan meliputi uji validitas ($r > 0,195$), uji reliabilitas (Cronbach's Alpha $> 0,70$), dan uji asumsi klasik. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penerapan blockchain memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap efisiensi rantai pasok, dengan keamanan informasi dan transparansi data menjadi faktor yang paling berpengaruh ($t = 42,438$, $p < 0,001$). Model penelitian secara keseluruhan menunjukkan signifikansi yang tinggi ($F = 43,845$, $p < 0,001$), yang mengonfirmasi pengaruh kolektif dari komponen-komponen blockchain. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan teori mengenai adopsi blockchain di sektor logistik, memberikan wawasan praktis bagi pelaku industri, serta menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya di pasar yang sedang berkembang.

Kata Kunci: Rantai Pasok, Ketelusuran, Blockchain, Smart Contract, Transformasi Digital.

1. PENDAHULUAN

Era digitalisasi telah mengubah cara manusia berinteraksi dan berbisnis secara fundamental, tidak terkecuali dalam pengelolaan rantai pasok atau supply chain management. Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat, industri logistik yang menjadi tulang punggung perekonomian menghadapi tantangan untuk terus berinovasi guna meningkatkan efisiensi operasional mereka. Dalam konteks ini, blockchain muncul sebagai salah satu teknologi disruptif yang menawarkan solusi revolusioner dalam mengatasi berbagai permasalahan dalam rantai pasok. Jamal et al. (2024) menjelaskan bahwa "Teknologi Informasi sudah sering digunakan untuk meningkatkan supply chain atau rantai pasok adalah sebuah hal yang sangat penting di dalam supply chain management. Integrasi teknologi dalam manajemen rantai pasokan menjadi semakin penting karena semakin kompleksnya rantai pasokan dan kebutuhan akan efisiensi yang lebih tinggi."

Rantai pasok pada dasarnya adalah jaringan yang kompleks yang terdiri dari berbagai entitas seperti pemasok, produsen, distributor, pengecer, dan konsumen akhir yang terlibat dalam proses

produksi dan distribusi barang atau jasa. Di Indonesia, pengelolaan rantai pasok yang efisien menjadi semakin krusial mengingat kondisi geografis negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau yang tersebar luas. Sebagaimana diungkapkan oleh Aridho dan Sutrisno (2024), "Supply Chain Management (SCM) memainkan peranan yang penting dalam serangkaian aktivitas secara efektif dan efisien untuk menghubungkan antara elemen yang terlibat." Tantangan ini diperparah dengan infrastruktur yang belum merata, birokrasi yang kompleks, serta tingginya biaya logistik yang mencapai angka signifikan dari Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia (Jamal et al., 2024).

Teknologi blockchain, yang pada awalnya dikenal sebagai fondasi dari mata uang kripto seperti Bitcoin, kini telah berkembang melampaui aplikasi keuangan dan mata uang kripto. blockchain pada dasarnya adalah sebuah sistem pencatatan terdistribusi (distributed ledger) yang memungkinkan transaksi dicatat secara transparan, aman, dan tidak dapat diubah tanpa persetujuan seluruh jaringan. Karakteristik inilah yang membuat blockchain menjadi kandidat ideal untuk diimplementasikan dalam rantai pasok, di mana transparansi, ketelusuran, dan kepercayaan antar pihak menjadi faktor kunci (Rolando, 2025c; Setiawan & Rolando, 2025; Winata & Rolando, 2025).

Implementasi blockchain dalam rantai pasok memungkinkan pelacakan produk secara real-time dari hulu ke hilir, verifikasi otentisitas produk, pengurangan kesalahan administrasi, eliminasi perantara yang tidak perlu, dan peningkatan koordinasi antar pihak yang terlibat. Dengan adanya smart contract, transaksi dan perjanjian antar pihak dapat dieksekusi secara otomatis ketika kondisi yang telah disepakati terpenuhi, sehingga mengurangi kebutuhan akan intervensi manual dan meminimalkan potensi perselisihan. Hal ini sejalan dengan temuan Apriani et al. (2023) yang menekankan bahwa "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" (Rolando, 2025g, 2025b; Wigayha & Rolando, 2025).

Di Indonesia, penerapan blockchain dalam rantai pasok mulai mendapat perhatian dari berbagai sektor industri. Ashari (2021) dalam penelitiannya tentang "Pengembangan Sistem Logistik Produk Halal di Indonesia" menjelaskan bahwa "Penyediaan produk halal merupakan salah satu kondisi yang harus dilakukan dalam negara yang beragama muslim dan memberikan sertifikasi halal pada produk tersebut." Penelitian ini menekankan pentingnya sistem logistik yang efisien dan tertelusur untuk memastikan integritas produk halal, di mana blockchain dapat memainkan peran krusial (Rolando, 2024d, 2025d, 2025a; Wigayha & Rolando, 2024).

Sementara itu, Adisetya et al. (2022) dalam studi mereka tentang "Rantai Pasok Agroindustri Berbasis Blockchain: Harapan dan Tantangan" menyoroti bahwa "Agroindustri merupakan sektor yang penting bagi Indonesia karena potensi sumberdaya alamnya. Dalam perkembangannya agroindustri merupakan sektor yang dinamis dan semakin kompleks. Tuntutan dari konsumen semakin ketat dan beragam." Penelitian ini mengeksplorasi bagaimana blockchain dapat menjadi solusi untuk meningkatkan transparansi dan ketelusuran dalam rantai pasok agroindustri, sehingga memenuhi tuntutan konsumen yang semakin kritis terhadap asal-usul dan kualitas produk yang mereka konsumsi (Rolando, 2024a, 2025f; Rolando & Chondro, 2025; Zahran & Rolando, 2025).

Lebih spesifik ke sektor pangan, Maryasa dan Linarti (2023) dalam studi mereka tentang "*Conceptual Model of Blockchain Technology for Chicken Meat Supply Chain in Yogyakarta City*" mengidentifikasi bahwa "Sedikitnya jumlah Rumah Potong Ayam yang bersertifikasi halal di Kota Yogyakarta menyebabkan terbatasnya jumlah pasokan ayam yang sudah bersertifikat halal. Padahal mayoritas masyarakat di Kota Yogyakarta adalah muslim." Penelitian ini mengusulkan model konseptual penerapan *blockchain* untuk meningkatkan transparansi dan ketelusuran dalam rantai pasok daging ayam, terutama terkait dengan aspek sertifikasi halal.

Meskipun studi-studi tersebut memberikan wawasan yang berharga tentang potensi penerapan *blockchain* dalam rantai pasok di berbagai sektor, mayoritas penelitian yang ada masih bersifat konseptual atau terbatas pada studi kasus kualitatif. Terdapat kesenjangan yang signifikan



dalam literatur berupa kurangnya bukti empiris kuantitatif mengenai dampak implementasi *blockchain* terhadap efisiensi rantai pasok, terutama dalam konteks industri logistik di Indonesia.

Kekurangan ini menjadi semakin mendesak untuk diatasi mengingat industri logistik Indonesia menghadapi berbagai tantangan yang dapat dimitigasi dengan implementasi teknologi *blockchain*. Rahman et al. (2024) dalam penelitian mereka tentang "Analisis Kinerja Rantai Pasok Komoditas Ternak dan Daging Sapi" mengemukakan bahwa "*Companies operating in the livestock sector need to understand productivity efficiency and fast service by implementing good Supply Chain.*" Pernyataan ini menegaskan pentingnya efisiensi rantai pasok dalam berbagai sektor, termasuk logistik.

Beberapa permasalahan utama dalam rantai pasok dan logistik di Indonesia meliputi kurangnya transparansi dan visibilitas dalam pergerakan barang dari produsen ke konsumen; kesulitan dalam memastikan keaslian dan kualitas produk; inefisiensi dalam proses dokumentasi dan administrasi yang masih banyak mengandalkan kertas; tingginya biaya transaksi akibat banyaknya perantara; lamanya waktu yang dibutuhkan untuk verifikasi dan pemrosesan transaksi; serta kesulitan dalam koordinasi antar berbagai pemangku kepentingan dalam rantai pasok.

Blockchain, dengan karakteristiknya yang unik, menawarkan solusi potensial untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut. Beberapa keunggulan *blockchain* yang dapat dimanfaatkan dalam rantai pasok antara lain pencatatan yang transparan dan dapat diverifikasi oleh semua pihak yang terlibat; data yang tidak dapat dimanipulasi setelah dicatat; ketelusuran produk dari hulu ke hilir; *smart contract* yang memungkinkan otomatisasi transaksi; pengurangan perantara yang tidak perlu; dan peningkatan keamanan data melalui enkripsi dan sistem terdistribusi (Apriani et al., 2023; Adisetya et al., 2022).

Namun, implementasi *blockchain* dalam rantai pasok juga menghadapi berbagai tantangan, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Beberapa tantangan tersebut meliputi kurangnya pemahaman dan keahlian teknis tentang teknologi *blockchain*; keterbatasan infrastruktur teknologi yang diperlukan; resistensi terhadap perubahan dari pemangku kepentingan yang terbiasa dengan sistem lama; ketidakpastian regulasi terkait teknologi *blockchain*; biaya implementasi awal yang tinggi; dan kesulitan dalam mengintegrasikan *blockchain* dengan sistem yang ada. Hal ini sejalan dengan temuan Maharani et al. (2022) yang mengidentifikasi kendala dalam implementasi sistem teknologi di PT Unilever Indonesia Tbk (Mulyono & Rolando, 2025; Rolando, 2024c, 2025e).

Berdasarkan pemaparan di atas, terdapat kebutuhan yang mendesak untuk melakukan penelitian kuantitatif tentang pengaruh implementasi *blockchain* terhadap efisiensi rantai pasok, khususnya dalam konteks industri logistik di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan dalam literatur dengan menyediakan bukti empiris yang kuat mengenai hubungan antara implementasi *blockchain* dan berbagai indikator efisiensi rantai pasok (Rolando, 2023, 2024b; Wigayha et al., 2025a).

Penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur faktor-faktor kunci dalam implementasi *blockchain* yang berpengaruh terhadap efisiensi rantai pasok. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis hubungan antara implementasi *blockchain* dengan berbagai dimensi efisiensi rantai pasok seperti pengurangan biaya, peningkatan kecepatan transaksi, dan peningkatan kepercayaan antar pihak. Penelitian ini juga akan mengevaluasi tantangan dan hambatan yang dihadapi dalam implementasi teknologi *blockchain* di industri logistik di Indonesia. Di samping itu, penelitian ini berupaya merumuskan strategi dan rekomendasi yang dapat diadopsi oleh para pelaku industri untuk mengoptimalkan penerapan *blockchain* dalam rangka meningkatkan efisiensi rantai pasok secara keseluruhan (Ingriana et al., 2025; Rahardja et al., 2025; Wigayha et al., 2025b).

Penelitian yang akan menggunakan pendekatan kuantitatif ini memiliki signifikansi baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini akan memperkaya literatur tentang teknologi *blockchain* dan manajemen rantai pasok dengan memberikan bukti empiris yang kuat

mengenai hubungan antara kedua bidang tersebut dalam konteks negara berkembang. Hasil penelitian akan membantu mengembangkan kerangka konseptual yang lebih komprehensif tentang bagaimana implementasi *blockchain* dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok di berbagai dimensi.

Secara praktis, temuan penelitian ini akan memberikan panduan yang berharga bagi para praktisi industri dan pembuat kebijakan dalam merancang dan mengimplementasikan inisiatif *blockchain* dalam rantai pasok. Widowati et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang "Digitalisasi Rantai Pasok Terhadap Kinerja Perusahaan Yang Dimediasi Integrasi Internal" menekankan bahwa digitalisasi rantai pasok berperan penting dalam meningkatkan kinerja perusahaan. Rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini akan membantu perusahaan dalam mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang perlu dipertimbangkan untuk memaksimalkan manfaat dari investasi teknologi *blockchain*, serta strategi untuk mengatasi berbagai hambatan implementasi.

Penelitian ini juga memiliki signifikansi ekonomi yang luas. Dengan biaya logistik yang mencapai proporsi signifikan dari PDB Indonesia, peningkatan efisiensi dalam rantai pasok berpotensi memberikan dampak ekonomi yang substansial. Implementasi *blockchain* yang optimal dapat menurunkan biaya transaksi, mempercepat proses bisnis, mengurangi pemalsuan dan kesalahan, serta meningkatkan koordinasi antar berbagai pemangku kepentingan, yang pada akhirnya akan meningkatkan daya saing industri logistik Indonesia di tingkat global (Rahman et al., 2024).

Dalam konteks globalisasi dan industri 4.0, penerapan teknologi canggih seperti *blockchain* dalam rantai pasok juga menjadi semakin penting untuk memastikan Indonesia tidak tertinggal dalam revolusi digital. Sebagai negara dengan ekonomi terbesar di Asia Tenggara, Indonesia memiliki potensi untuk menjadi pemimpin dalam adopsi teknologi *blockchain* untuk manajemen rantai pasok, yang akan memperkuat posisi negara dalam rantai pasok global.

Urgensi penelitian ini juga dipengaruhi oleh perubahan lanskap bisnis pasca pandemi COVID-19, yang telah mengakselerasi transformasi digital di berbagai sektor termasuk logistik. Duwila et al. (2022) mengungkapkan bahwa "Masa pandemi memunculkan berbagai permasalahan pada industri perikanan salah satunya terkait isu ketersediaan kualitas pasokan dan pemasok bahan baku." Pandemi telah mengungkapkan kerentanan dalam rantai pasok tradisional dan menekankan pentingnya adaptasi teknologi untuk meningkatkan ketahanan dan fleksibilitas. Dalam situasi ini, *blockchain* menawarkan solusi untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi oleh rantai pasok modern, seperti kebutuhan akan visibilitas real-time, koordinasi yang lebih baik antar pihak, dan kemampuan untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan kondisi pasar.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi berbagai aspek dari implementasi *blockchain* dalam rantai pasok, baik secara konseptual maupun melalui studi kasus. Namun, mayoritas penelitian yang ada memiliki keterbatasan dan kesenjangan yang perlu diatasi. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menawarkan beberapa kontribusi unik.

Pertama, sementara banyak penelitian sebelumnya berfokus pada aspek teknis atau konseptual dari *blockchain* dalam rantai pasok, penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif untuk mengukur dampak nyata dari implementasi *blockchain* terhadap efisiensi rantai pasok. Pendekatan ini akan memberikan bukti empiris yang kuat mengenai hubungan antara *blockchain* dan berbagai indikator efisiensi, yang selama ini lebih banyak didiskusikan secara teoritis.

Kedua, berbeda dengan banyak penelitian yang dilakukan dalam konteks negara maju, penelitian ini berfokus pada industri logistik di Indonesia, sebuah negara berkembang dengan karakteristik unik seperti kondisi geografis kepulauan, infrastruktur yang tidak merata, dan tantangan regulasi yang spesifik. Fokus kontekstual ini akan memberikan wawasan berharga tentang bagaimana faktor-faktor lokal memengaruhi implementasi dan keberhasilan teknologi *blockchain* dalam rantai pasok.

Ketiga, penelitian ini tidak hanya menganalisis manfaat potensial dari *blockchain*, tetapi juga secara sistematis mengevaluasi tantangan dan hambatan dalam implementasinya. Pemahaman komprehensif tentang kedua aspek ini akan membantu dalam merumuskan strategi yang lebih efektif



untuk mengoptimalkan penerapan blockchain dalam rantai pasok. Keempat, penelitian ini mengembangkan kerangka kerja yang terintegrasi yang menghubungkan implementasi blockchain dengan berbagai dimensi efisiensi rantai pasok. Iswari et al. (2023) mengemukakan bahwa "Indonesia adalah salah satu penghasil kakao terbesar di dunia namun memiliki masalah dimana memiliki rantai pasokan yang panjang." Kerangka yang dikembangkan dalam penelitian ini akan menjadi kontribusi teoritis yang signifikan untuk literatur manajemen rantai pasok dan teknologi blockchain, serta dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian selanjutnya.

Kelima, penelitian ini menghasilkan rekomendasi praktis bagi para praktisi industri dan pembuat kebijakan, yang didasarkan pada bukti empiris yang kuat. Rekomendasi ini akan menjadi panduan berharga untuk perencanaan dan implementasi inisiatif blockchain dalam rantai pasok di Indonesia dan mungkin juga relevan untuk negara berkembang lainnya dengan karakteristik serupa.

Untuk mencapai tujuan penelitian ini, metode kuantitatif akan digunakan untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari perusahaan-perusahaan dalam industri logistik di Indonesia yang telah atau sedang dalam proses mengimplementasikan teknologi blockchain dalam operasi rantai pasok mereka. Pengumpulan data akan dilakukan melalui survei yang ditargetkan pada manajer dan profesional dengan pengetahuan dan pengalaman yang relevan dalam manajemen rantai pasok dan teknologi blockchain (Widowati et al., 2023).

Variabel independen yang akan diteliti meliputi berbagai aspek implementasi blockchain, seperti tingkat adopsi teknologi, integrasi dengan sistem yang ada, kualitas implementasi, investasi dalam infrastruktur dan pelatihan, serta komitmen manajemen. Variabel dependen mencakup berbagai dimensi efisiensi rantai pasok, seperti pengurangan biaya, peningkatan kecepatan transaksi, peningkatan akurasi data, pengurangan kesalahan dan penipuan, peningkatan visibilitas rantai pasok, dan peningkatan kepercayaan antar pihak yang terlibat.

Data yang terkumpul akan dianalisis menggunakan metode statistik yang sesuai, seperti analisis regresi, analisis faktor, dan pemodelan persamaan struktural (structural equation modeling) untuk menguji hipotesis dan menjawab pertanyaan penelitian. Analisis juga akan mempertimbangkan variabel moderator potensial seperti ukuran perusahaan, jenis industri, dan tingkat kematangan teknologi (Haryanto & Lunarindiah, 2023; Iswari et al., 2023).

Dalam pengumpulan data, penelitian ini akan menggunakan pendekatan purposive sampling untuk memastikan responden memiliki pengetahuan dan pengalaman yang memadai tentang implementasi blockchain dalam rantai pasok. Target responden meliputi manajer rantai pasok, profesional logistik, konsultan teknologi, dan eksekutif teknologi informasi yang terlibat dalam inisiatif blockchain di perusahaan mereka.

Untuk memastikan validitas dan reliabilitas instrumen penelitian, kuesioner akan divalidasi melalui proses beberapa tahap, termasuk tinjauan ahli, pengujian pilot, dan analisis reliabilitas. Pertanyaan dalam kuesioner akan dirancang untuk mengukur secara komprehensif berbagai aspek implementasi blockchain dan efisiensi rantai pasok berdasarkan kerangka konseptual yang dikembangkan dari literatur yang ada.

Selain pendekatan kuantitatif sebagai metode utama, penelitian ini juga akan menggabungkan elemen kualitatif untuk memperkaya pemahaman tentang konteks dan dinamika implementasi blockchain dalam rantai pasok. Wawancara semi-terstruktur akan dilakukan dengan beberapa responden kunci untuk mendapatkan wawasan yang lebih mendalam tentang pengalaman, tantangan, dan strategi dalam implementasi blockchain.

Penelitian ini diharapkan akan menghasilkan beberapa kontribusi signifikan. Kontribusi teoritis meliputi pengembangan dan validasi kerangka konseptual yang menghubungkan implementasi blockchain dengan efisiensi rantai pasok, identifikasi faktor-faktor kunci yang memengaruhi keberhasilan implementasi blockchain, serta pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana konteks lokal dan karakteristik industri memengaruhi hubungan antara blockchain dan efisiensi rantai pasok.

Kontribusi praktis mencakup rekomendasi spesifik bagi perusahaan logistik tentang strategi optimal untuk implementasi blockchain, panduan untuk mengatasi berbagai tantangan implementasi, serta kerangka evaluasi untuk mengukur keberhasilan inisiatif blockchain dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok. Haryanto dan Lunarindiah (2023) menekankan pentingnya strategi dalam manajemen rantai pasok untuk meningkatkan kinerja operasional. Bagi pembuat kebijakan, penelitian ini akan menyediakan dasar empiris untuk pengembangan regulasi dan kebijakan yang mendukung adopsi teknologi blockchain dalam industri logistik.

Secara sosial, penelitian ini juga dapat berkontribusi pada peningkatan kepercayaan konsumen terhadap produk yang mereka konsumsi melalui transparansi dan ketelusuran yang ditingkatkan oleh teknologi blockchain. Hal ini khususnya relevan untuk produk-produk dengan klaim spesifik seperti halal, organik, atau berkelanjutan, di mana konsumen semakin kritis terhadap verifikasi klaim tersebut.

Dalam jangka panjang, penelitian ini juga dapat mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan, khususnya dalam aspek konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, serta pertumbuhan ekonomi yang inklusif. Seperti yang diungkapkan oleh Alvin dan Santosa (2023) dalam studinya tentang "Anteseden Dan Konsekuensi Praktik Rantai Pasok Ramah Lingkungan Pada Perusahaan Susu Di Indonesia," implementasi blockchain dalam rantai pasok dapat meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam praktik bisnis, serta mendukung integrasi usaha kecil dan menengah (UKM) ke dalam rantai pasok global melalui pengurangan hambatan informasi dan akses pasar.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian korelasional untuk menganalisis pengaruh implementasi teknologi *blockchain* terhadap efisiensi rantai pasok di industri logistik Indonesia. Pendekatan kuantitatif dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian untuk menguji hipotesis mengenai hubungan sebab-akibat antara variabel-variabel yang telah ditentukan serta mengukur besaran pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen (Widowati et al., 2023). Melalui pendekatan ini, peneliti dapat mengumpulkan data numerik yang dapat dianalisis menggunakan metode statistik untuk menghasilkan kesimpulan yang objektif dan dapat digeneralisasi, sebagaimana yang dilakukan oleh Alvin dan Santosa (2023) dalam penelitian mereka tentang anteseden dan konsekuensi praktik rantai pasok ramah lingkungan.

Pengumpulan data akan dilakukan melalui kuesioner terstruktur yang disebarluaskan kepada responden yang memenuhi kriteria tertentu, terutama fokus pada perusahaan-perusahaan logistik di Indonesia yang telah atau sedang dalam proses mengimplementasikan teknologi *blockchain*. Item-item kuesioner dirancang menggunakan skala Likert 5 poin untuk memperoleh data interval yang secara efektif menangkap sikap dan pendapat responden terhadap masing-masing aspek implementasi *blockchain* dan efisiensi rantai pasok. Opsi respons berkisar dari "Sangat Tidak Setuju" (1) hingga "Sangat Setuju" (5), memungkinkan pengukuran yang lebih nuansa dari persepsi dan perilaku responden. Kerangka konseptual dalam penelitian ini dapat dinyatakan melalui hubungan berikut:

$ESC = \alpha + \beta_1 TD + \beta_2 SC + \beta_3 KI + \beta_4 KT + \beta_5 DS + \varepsilon$ Dimana:

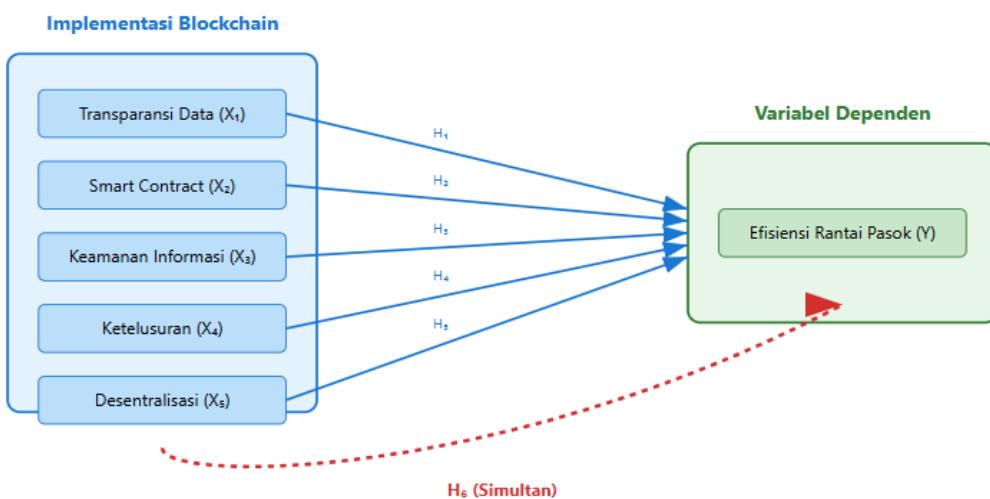
- ESC = Efisiensi Rantai Pasok
- TD = Transparansi Data
- SC = *Smart Contract*
- KI = Keamanan Informasi
- KT = Ketelusuran
- DS = Desentralisasi
- α = Konstanta

- β = Koefisien Regresi
- ε = Error Term

Kerangka ini memungkinkan pemeriksaan sistematis tentang bagaimana setiap elemen implementasi blockchain berkontribusi terhadap efisiensi rantai pasok sambil mengendalikan variabel lain. Model ini memungkinkan analisis baik individual maupun kolektif dari pengaruh aspek-aspek implementasi blockchain, memberikan pemahaman komprehensif tentang pengaruhnya terhadap efisiensi rantai pasok di lingkungan industri logistik.

2.1 Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual penelitian ini menggambarkan hubungan yang dihipotesiskan antara aspek-aspek implementasi blockchain dan efisiensi rantai pasok, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kerangka ini menggambarkan lima variabel independen: Transparansi Data (X_1), Smart Contract (X_2), Keamanan Informasi (X_3), Ketelusuran (X_4), dan Desentralisasi (X_5), masing-masing memiliki hubungan langsung dengan variabel dependen, Efisiensi Rantai Pasok (Y). Panah yang mengalir dari setiap variabel independen ke variabel dependen mewakili pengaruh langsung yang dihipotesiskan dari setiap aspek implementasi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok. Selain itu, kerangka tersebut menunjukkan hubungan komprehensif di mana semua variabel independen secara kolektif mempengaruhi efisiensi rantai pasok, yang diwakili oleh koneksi keseluruhan antara aspek-aspek implementasi blockchain dan variabel hasil. Representasi visual ini membantu memperjelas hubungan yang diusulkan yang akan diperiksa dalam penelitian ini dan memandu prosedur pengembangan dan pengujian hipotesis selanjutnya.



Gambar 1. Kerangka Konseptual

Pada Gambar 1. Kerangka konseptual penelitian yang menunjukkan hubungan antara lima aspek implementasi *blockchain* sebagai variabel independen (X_1-X_5) dan efisiensi rantai pasok sebagai variabel dependen (Y). H_1-H_5 menunjukkan hipotesis pengaruh parsial masing-masing variabel independen, sedangkan H_6 menunjukkan hipotesis pengaruh simultan semua variabel independen terhadap variabel dependen.

Berdasarkan kerangka konseptual yang diilustrasikan pada Gambar 1, penelitian ini mengajukan enam hipotesis untuk menguji pengaruh berbagai aspek implementasi *blockchain* terhadap efisiensi rantai pasok dalam industri logistik. Hipotesis pertama (H_1) menyatakan bahwa Transparansi Data berpengaruh positif terhadap Efisiensi Rantai Pasok, menunjukkan bahwa tingkat keterbukaan dan aksesibilitas informasi dalam rantai pasok dapat meningkatkan efisiensi operasional. Hipotesis kedua (H_2) mengusulkan bahwa *Smart Contract* berpengaruh positif terhadap

Efisiensi Rantai Pasok, menyarankan bahwa otomatisasi kontrak dan verifikasi melalui *blockchain* dapat meningkatkan efisiensi proses. Hipotesis ketiga (H_3) menyatakan bahwa Keamanan Informasi berpengaruh positif terhadap Efisiensi Rantai Pasok, menunjukkan bahwa peningkatan keamanan data dapat mengoptimalkan operasi rantai pasok. Hipotesis keempat (H_4) menyatakan bahwa Ketelusuran berpengaruh positif terhadap Efisiensi Rantai Pasok, menunjukkan bahwa kemampuan untuk melacak produk dan transaksi sepanjang rantai pasok dapat meningkatkan efisiensi operasional. Hipotesis kelima (H_5) mengusulkan bahwa Desentralisasi berpengaruh positif terhadap Efisiensi Rantai Pasok, menyarankan bahwa distribusi pencatatan dan pengambilan keputusan dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok. Terakhir, hipotesis keenam (H_6) menyatakan bahwa kelima aspek implementasi *blockchain* secara simultan berpengaruh positif terhadap Efisiensi Rantai Pasok, menguji dampak kolektif dari semua aspek tersebut.

Hipotesis-hipotesis ini didasarkan pada temuan penelitian sebelumnya, termasuk studi oleh Apriani et al. (2023), yang menunjukkan pentingnya transparansi data dalam rantai pasok, dan Maryasa dan Linarti (2023), yang mengeksplorasi potensi *blockchain* untuk meningkatkan efisiensi dan ketelusuran dalam rantai pasok daging ayam. Hipotesis-hipotesis ini secara kolektif bertujuan untuk memahami bagaimana aspek-aspek berbeda dari implementasi *blockchain* berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi rantai pasok dalam konteks industri logistik Indonesia.

2.2 Sample

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh perusahaan dalam industri logistik di Indonesia yang telah atau sedang dalam proses mengimplementasikan teknologi *blockchain* dalam operasi rantai pasok mereka. Mengingat masih terbatasnya perusahaan yang mengimplementasikan *blockchain* secara penuh di Indonesia, populasi penelitian tergolong terbatas (Maharani et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan teknik purposive sampling dalam pemilihan sampel untuk memastikan responden memiliki pengetahuan dan pengalaman yang memadai terkait implementasi *blockchain* dalam manajemen rantai pasok, serupa dengan teknik yang digunakan oleh Haryanto dan Lunarindiah (2023) dalam penelitian mereka terkait pengaruh strategi manajemen rantai pasok terhadap kinerja operasional.

Untuk menentukan ukuran sampel minimum, penelitian ini menggunakan formula Lemeshow untuk populasi yang tidak diketahui secara pasti:

$$n = Z^2_{1-\alpha/2} \times p \times (1-p) / d^2$$
 Dimana:

- n = Ukuran sampel
- $Z_{1-\alpha/2}$ = Nilai Z pada tingkat kepercayaan tertentu (untuk tingkat kepercayaan 95%, $Z = 1,96$)
- p = Proporsi estimasi maksimal (0,5)
- d = Margin error (0,1)

Dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam formula:

$$n = (1,96)^2 \times 0,5 \times (1-0,5) / (0,1)^2 n = 3,8416 \times 0,25 / 0,01 n = 0,9604 / 0,01 n = 96,04 \approx 97$$

Berdasarkan perhitungan di atas, ukuran sampel minimum yang dibutuhkan adalah 97 responden. Untuk mengantisipasi potensi non-response dan data yang tidak lengkap, peneliti akan menambahkan 10% dari jumlah sampel minimum sehingga target responden adalah 107 responden. Responden akan direkrut dari berbagai perusahaan logistik di Indonesia yang telah atau sedang mengimplementasikan *blockchain*, dengan fokus pada manajer rantai pasok, profesional logistik, konsultan teknologi, dan eksekutif teknologi informasi yang terlibat dalam inisiatif *blockchain* di perusahaan mereka.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kajian literatur dan kerangka konseptual, penelitian ini mengajukan hipotesis sebagai berikut:

H_1 : Transparansi Data (X_1) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok (Y).

H_2 : *Smart Contract* (X_2) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok (Y).

H₃: Keamanan Informasi (X₃) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok (Y).

H₄: Ketelusuran (X₄) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok (Y).

H₅: Desentralisasi (X₅) berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok (Y).

H₆: Transparansi Data (X₁), *Smart Contract* (X₂), Keamanan Informasi (X₃), Ketelusuran (X₄), dan Desentralisasi (X₅) secara simultan berpengaruh positif dan signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok (Y).

Perumusan hipotesis ini dipengaruhi oleh temuan Maryasa dan Linarti (2023) yang mengusulkan model konseptual teknologi *blockchain* untuk rantai pasok daging ayam, serta Adisetya et al. (2022) yang mengeksplorasi harapan dan tantangan dalam rantai pasok agroindustri berbasis *blockchain*.

2.4 Definisi Operasional

Tabel 1 menyajikan definisi operasional dari setiap variabel dalam penelitian ini, mencakup variabel, definisi operasional, indikator, dan skala pengukuran yang digunakan.

Variabel	Definisi Operasional	Indikator	Skala Pengukuran
Transparansi Data (X ₁)	Tingkat keterbukaan dan aksesibilitas informasi dalam rantai pasok yang memungkinkan semua pihak yang terlibat memiliki akses ke data yang sama dan dapat memverifikasi transaksi.	1. Keterbukaan informasi 2. Aksesibilitas data 3. Verifikasi transaksi 4. Visibilitas rantai pasok 5. Pemantauan <i>real-time</i>	Likert 5 poin
<i>Smart Contract</i> (X ₂)	Protokol komputer yang secara otomatis mengeksekusi, mengontrol, atau mendokumentasikan peristiwa dan tindakan yang relevan secara hukum sesuai dengan ketentuan kontrak.	1. Otomatisasi proses 2. Kepatuhan terhadap perjanjian 3. Kecepatan eksekusi 4. Pengurangan intervensi manual 5. Pengurangan perselisihan	Likert 5 poin
Keamanan Informasi (X ₃)	Tingkat perlindungan data dalam rantai pasok dari akses yang tidak sah, perubahan, atau perusakan, serta memastikan kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan informasi.	1. Enkripsi data 2. Integritas data 3. Kerahasiaan informasi 4. Pengendalian akses 5. <i>Audit trail</i>	Likert 5 poin

Ketelusuran (X ₄)	Kemampuan untuk memverifikasi sejarah, lokasi, atau aplikasi suatu item melalui dokumentasi yang terekam dari setiap tahap dalam rantai pasok.	1. Pelacakan produk 2. Verifikasi asal-usul 3. Identifikasi rantai kustodi 4. Manajemen <i>recall</i> 5. Pemantauan kondisi pengiriman	Likert 5 poin
Desentralisasi (X ₅)	Tingkat distribusi kekuasaan dan pengambilan keputusan di antara berbagai <i>node</i> dalam jaringan <i>blockchain</i> , mengurangi ketergantungan pada otoritas pusat.	1. Distribusi pencatatan 2. Konsensus terdistribusi 3. Pengurangan perantara 4. Keandalan sistem 5. Ketahanan terhadap gangguan	Likert 5 poin
Efisiensi Rantai Pasok (Y)	Kemampuan rantai pasok untuk memenuhi permintaan pelanggan dengan biaya yang optimal, penggunaan sumber daya yang efektif, dan koordinasi yang baik antar entitas dalam rantai pasok.	1. Pengurangan biaya operasional 2. Peningkatan kecepatan transaksi 3. Akurasi informasi 4. Ketepatan waktu pengiriman 5. Tingkat inventori 6. Kepuasan mitra rantai pasok 7. Fleksibilitas rantai pasok	Likert 5 poin

Table 1. Definisi Operasional Variabel

Semua variabel dalam penelitian ini diukur menggunakan skala Likert 5 poin, dimana 1 = sangat tidak setuju, 2 = tidak setuju, 3 = netral, 4 = setuju, dan 5 = sangat setuju, serupa dengan pendekatan yang digunakan oleh Rahman et al. (2024) dan Maharani et al. (2022). Penggunaan Skala Likert memungkinkan responden untuk mengindikasikan tingkat persetujuan mereka terhadap pernyataan yang diberikan dan memfasilitasi analisis kuantitatif dari data yang dikumpulkan.

2.5 Teknik Analisis Statistik

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan software IBM SPSS Statistics versi 26, sebuah perangkat lunak analisis statistik komprehensif yang dipilih karena kemampuannya dalam mengolah dan menganalisis data kuantitatif dengan tingkat presisi dan kehandalan yang tinggi, sebagaimana juga diterapkan oleh Aridho dan Sutrisno (2024) dalam penelitian mereka tentang tinjauan kinerja supply chain management dan Widowati et al. (2023) dalam studi tentang digitalisasi rantai pasok. Pemilihan SPSS versi 26 didasarkan pada fitur-fiturnya yang telah disempurnakan, termasuk kemampuan analisis regresi yang lebih komprehensif, tampilan output yang lebih intuitif, kemampuan visualisasi data yang superior, dan penanganan missing values yang lebih baik, yang kesemuanya sangat penting untuk analisis model kompleks seperti implementasi blockchain dalam rantai pasok.

2.5.1 Uji Validitas dan Reliabilitas

Validitas instrumen penelitian diuji menggunakan korelasi Pearson (Product Moment) untuk memastikan bahwa setiap item pertanyaan dalam kuesioner secara akurat mengukur apa yang ingin diukur, mengikuti prosedur yang diterapkan oleh Saragih et al. (2021) dalam penelitian tentang pengukuran kinerja rantai pasok. Item pertanyaan dianggap valid jika nilai r hitung $>$ r tabel pada tingkat signifikansi 5%. Formula korelasi Pearson yang digunakan adalah:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Dimana:

- r = koefisien korelasi Pearson
- n = jumlah responden
- $\sum X$ = jumlah skor item
- $\sum Y$ = jumlah skor total
- $\sum XY$ = jumlah hasil kali skor item dengan skor total
- $\sum X^2$ = jumlah kuadrat skor item
- $\sum Y^2$ = jumlah kuadrat skor total

Untuk menguji reliabilitas instrumen, penelitian ini menggunakan metode Cronbach's Alpha untuk mengukur konsistensi internal dari setiap variabel, serupa dengan pendekatan yang digunakan oleh Widowati et al. (2023). Variabel dianggap reliabel jika nilai Cronbach's Alpha $> 0,70$. Formula Cronbach's Alpha yang digunakan adalah:

$$\alpha = \frac{(k / (k - 1)) \times (1 - (\sum \sigma_i^2 / \sigma_x^2))}{(k - 1)}$$

Dimana:

- α = Cronbach's Alpha
- k = jumlah item
- $\sum \sigma_i^2$ = jumlah varians butir
- σ_x^2 = varians total

2.5.2 Uji Asumsi Klasik

Sebelum melakukan analisis regresi linear berganda, penelitian ini melakukan serangkaian uji asumsi klasik untuk memastikan model regresi memenuhi asumsi Best Linear Unbiased Estimator (BLUE), mengikuti prosedur yang diterapkan oleh Iswari et al. (2023) dalam penelitian mengenai model pengukuran kinerja rantai pasok kakao. Uji asumsi klasik yang dilakukan meliputi:

Uji Normalitas Untuk menguji apakah data terdistribusi normal, penelitian ini menggunakan analisis nilai skewness dan kurtosis. Data dianggap normal jika nilai skewness dan kurtosis berada dalam rentang $\pm 1,96$. Selain itu, uji Kolmogorov-Smirnov juga dilakukan, di mana data dianggap terdistribusi normal jika nilai signifikansi $> 0,05$.

Uji Heteroskedastisitas Untuk mendeteksi ada tidaknya heteroskedastisitas, penelitian ini menggunakan analisis scatterplot, sebagaimana yang juga dilakukan oleh Duwila et al. (2022). Jika pola titik-titik pada scatterplot menyebar secara acak di atas dan di bawah angka 0 pada sumbu Y dan tidak membentuk pola tertentu, maka tidak terjadi heteroskedastisitas. Selain itu, uji Glejser juga dilakukan dengan meregresikan nilai absolut residual terhadap variabel independen. Jika nilai signifikansi $> 0,05$, maka tidak terjadi heteroskedastisitas.

Uji Multikolinearitas Untuk mendeteksi ada tidaknya multikolinearitas antar variabel independen, penelitian ini menggunakan nilai Tolerance dan Variance Inflation Factor (VIF). Multikolinearitas tidak terjadi jika nilai Tolerance $> 0,10$ dan VIF < 10 .

2.5.3 Analisis Regresi Linear Berganda

Setelah uji asumsi klasik terpenuhi, penelitian ini melakukan analisis regresi linear berganda untuk menguji pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Model regresi yang digunakan adalah $ES = \alpha + \beta_1 TD + \beta_2 SC + \beta_3 KI + \beta_4 KT + \beta_5 DS + \epsilon$, serupa dengan pendekatan yang digunakan oleh Haryanto dan Lunarindiah (2023). Analisis regresi linear berganda dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode Enter pada SPSS, di mana semua variabel independen dimasukkan ke dalam model dalam satu waktu.

Uji Hipotesis Untuk menguji hipotesis yang telah diajukan, penelitian ini melakukan dua jenis pengujian, seperti yang dilakukan oleh Noer dan Handayani (2023) dalam penelitian tentang jaringan rantai pasok kopi biji:

Uji Parsial (Uji t) Digunakan untuk menguji signifikansi pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen. Kriteria pengujian: jika nilai t hitung $>$ t tabel atau nilai signifikansi $< 0,05$, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima, yang berarti variabel independen berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Uji Simultan (Uji F) Digunakan untuk menguji signifikansi pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen. Kriteria pengujian: jika nilai F hitung $>$ F tabel atau nilai signifikansi $< 0,05$, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima, yang berarti variabel independen secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen.

Selain itu, koefisien determinasi (R^2) juga dianalisis untuk mengetahui seberapa besar variasi variabel dependen dapat dijelaskan oleh variasi dari variabel independen. Nilai Adjusted R^2 digunakan karena lebih dapat diandalkan dalam mengevaluasi model regresi dengan banyak variabel independen, sebagaimana yang diterapkan oleh Ashari (2021) dalam penelitiannya tentang pengembangan sistem logistik produk halal di Indonesia.

2.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui kuesioner terstruktur yang disebarluaskan secara online dan offline kepada responden yang menjadi target penelitian, dengan mengadopsi pendekatan serupa yang digunakan oleh Mayangsari dan Fauzi (2023) dalam analisis desain metrik pengukuran kinerja rantai pasok tebu. Kuesioner tersebut terdiri atas tiga bagian utama, yakni bagian yang memuat data demografis responden, bagian yang mengumpulkan informasi mengenai implementasi blockchain di perusahaan responden, serta bagian yang berisi pernyataan terkait variabel penelitian yang diukur menggunakan skala Likert 5 poin. Untuk memastikan tingkat respons yang tinggi, peneliti menerapkan beberapa strategi seperti mengirimkan surat pengantar yang menjelaskan tujuan dan signifikansi penelitian, melakukan tindak lanjut melalui email dan telepon, memberikan jaminan atas kerahasiaan informasi yang diberikan oleh responden, serta menawarkan ringkasan hasil penelitian kepada responden yang bersedia berpartisipasi.

Sebelum disebarluaskan secara luas, kuesioner diuji melalui pilot study dengan melibatkan 30 responden yang memiliki karakteristik serupa dengan sampel target, serupa dengan pendekatan yang digunakan oleh Haryani et al. (2023) dalam penelitian tentang analisis efisiensi rantai pasok tepung talas beneng. Hasil pilot study digunakan untuk merevisi dan menyempurnakan instrumen penelitian, baik dari segi konten maupun format. Selain itu, validitas isi (content validity) dari instrumen juga dinilai oleh panel ahli yang terdiri dari akademisi dan praktisi di bidang blockchain dan manajemen rantai pasok.

Pengumpulan data berlangsung selama periode tiga bulan, dan semua data yang terkumpul di-input ke dalam SPSS untuk analisis lebih lanjut. Data yang tidak lengkap atau menunjukkan pola respons yang tidak konsisten akan dikeluarkan dari analisis, mengikuti praktik yang diterapkan oleh Yunita et al. (2022) dalam penelitian tentang forecasting pada rantai pasok pabrik penggilingan daging.

2.8 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yang dilakukan secara sistematis menggunakan SPSS versi 26. Tahap pertama adalah analisis statistik deskriptif untuk mendapatkan gambaran mengenai karakteristik responden dan distribusi respons terhadap variabel penelitian. Statistik deskriptif yang digunakan meliputi frekuensi, persentase, mean, standar deviasi, serta nilai minimum dan maksimum.

Tahap kedua adalah pengujian validitas dan reliabilitas instrumen penelitian seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah memastikan instrumen valid dan reliabel, dilanjutkan dengan uji asumsi klasik untuk memastikan model regresi memenuhi asumsi BLUE.

Tahap ketiga adalah analisis regresi linear berganda untuk menguji hipotesis penelitian. Hasil analisis regresi diinterpretasikan dengan memperhatikan nilai koefisien regresi, nilai t dan F hitung, serta nilai signifikansi dari masing-masing pengujian. Koefisien determinasi (R^2) juga dianalisis untuk mengetahui seberapa besar kontribusi variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen.

Selain itu, penelitian ini juga melakukan analisis tambahan berupa uji pengaruh moderasi untuk menyelidiki apakah hubungan antara variabel independen dan dependen dimoderasi oleh faktor-faktor tertentu seperti ukuran perusahaan, jenis industri, dan tingkat kematangan teknologi. Analisis moderasi dilakukan menggunakan metode regresi hierarkis dengan interaksi variabel.

Seluruh hasil analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang disertai dengan interpretasi yang komprehensif untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menguji hipotesis yang telah diajukan, mengikuti praktik yang diterapkan oleh Iswari et al. (2023) dan Haryani et al. (2023) dalam penelitian mereka.

3. HASIL & PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan melalui kuesioner online yang disebarluaskan melalui berbagai platform media sosial termasuk WhatsApp, email, dan saluran digital lainnya, mengadopsi pendekatan yang serupa dengan yang digunakan oleh Widowati et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang digitalisasi rantai pasok. Dari 107 kuesioner yang ditargetkan untuk disebarluaskan kepada responden yang merupakan profesional di bidang logistik dan rantai pasok, peneliti berhasil mengumpulkan 100 tanggapan valid yang memenuhi semua kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Tingkat respons ini (93,46%) dianggap sangat baik untuk penelitian di bidang manajemen rantai pasok, seperti yang ditunjukkan oleh Apriani et al. (2023) yang mencatat bahwa tingkat respons di atas 85% memberikan tingkat kepercayaan yang tinggi pada hasil penelitian.

Dalam penelitian ini, responden diminta untuk menjawab beberapa pertanyaan penyaringan untuk memastikan mereka memenuhi kriteria spesifik sebelum melanjutkan dengan kuesioner utama, mengikuti metodologi yang direkomendasikan oleh Haryanto dan Lunarindiah (2023) untuk memastikan kualitas data dalam penelitian supply chain management. Kriteria esensial ini disajikan dalam Tabel 2, yang mencerminkan standar yang serupa dengan yang diterapkan oleh Rahman et al. (2024) dalam penelitian mereka tentang kinerja rantai pasok komoditas.

Deskripsi	Jumlah
Profesional di bidang logistik dan rantai pasok	100
Memiliki pengetahuan tentang teknologi blockchain	100
Perusahaan telah atau sedang dalam proses mengimplementasikan blockchain	100
Terlibat dalam manajemen rantai pasok perusahaan	100

Table 2. Kriteria Responden

Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa semua 100 respons yang terkumpul memenuhi kriteria yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga data tersebut sesuai untuk diproses lebih lanjut dan pengujian hipotesis sebagaimana yang telah diuraikan pada bagian metodologi. Pemrosesan data melibatkan berbagai analisis statistik yang dirancang untuk menguji hubungan yang dihipotesiskan antara aspek-aspek implementasi blockchain (transparansi data, smart contract, keamanan informasi, ketelusuran, dan desentralisasi) dan efisiensi rantai pasok. Pendekatan pemrosesan data yang cermat ini memastikan validitas dan reliabilitas temuan penelitian, memberikan dasar yang kuat untuk menarik kesimpulan yang bermakna tentang efektivitas implementasi blockchain dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok di industri logistik.

3.1.1 Uji Validitas

Menurut Ghazali (2019), uji validitas menentukan apakah kuesioner valid untuk digunakan sebagai data penelitian. Dalam penelitian ini, uji validitas dilakukan dengan memeriksa nilai korelasi Pearson dengan dua bintang dalam *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 26, serupa dengan pendekatan yang digunakan oleh Saragih et al. (2021) dalam penelitian mereka tentang pengukuran kinerja rantai pasok. Data dianggap valid jika nilai r hitung lebih besar dari nilai r tabel (r hitung $>$ r tabel). Dengan total 100 responden dan probabilitas 0,05, nilai r tabel adalah 0,195, sejalan dengan standar yang digunakan dalam penelitian serupa oleh Maryasa dan Linarti (2023) tentang model konseptual teknologi *blockchain* untuk rantai pasok daging ayam. Berikut adalah hasil uji validitas yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Indikator	r hitung	r tabel	Keterangan
TD1	0,581	0,195	Valid
TD2	0,613	0,195	Valid
TD3	0,532	0,195	Valid
TD4	0,545	0,195	Valid
TD5	0,625	0,195	Valid
SC1	0,576	0,195	Valid
SC2	0,611	0,195	Valid
SC3	0,591	0,195	Valid
SC4	0,579	0,195	Valid
SC5	0,537	0,195	Valid
KI1	0,581	0,195	Valid
KI2	0,562	0,195	Valid
KI3	0,539	0,195	Valid
KI4	0,595	0,195	Valid
KI5	0,575	0,195	Valid
KT1	0,594	0,195	Valid
KT2	0,628	0,195	Valid
KT3	0,676	0,195	Valid
KT4	0,517	0,195	Valid
KT5	0,609	0,195	Valid
DS1	0,584	0,195	Valid
DS2	0,671	0,195	Valid
DS3	0,567	0,195	Valid
DS4	0,524	0,195	Valid
DS5	0,577	0,195	Valid

Table 3. Hasil Uji Validitas

- TD: Indikator Transparansi Data
- SC: Indikator Smart Contract
- KI: Indikator Keamanan Informasi
- KT: Indikator Ketelusuran
- DS: Indikator Desentralisasi
- ESC: Indikator Efisiensi Rantai Pasok

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa uji validitas yang dilakukan pada setiap indikator menunjukkan nilai r hitung yang lebih besar dari nilai r tabel (r hitung $>$ r tabel). Nilai-nilai r hitung berkisar antara 0,517 hingga 0,676, dengan indikator KT3 (yang berkaitan dengan identifikasi rantai kustodi dalam aspek ketelusuran) menunjukkan korelasi tertinggi (0,676) dan indikator KT4 (yang berkaitan dengan manajemen recall dalam aspek ketelusuran) menunjukkan korelasi terendah (0,517). Meskipun demikian, semua nilai masih jauh di atas ambang batas 0,195, menunjukkan tingkat validitas yang kuat secara konsisten di seluruh instrumen.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa indikator-indikator untuk Efisiensi Rantai Pasok (ESC) secara konsisten menunjukkan korelasi yang kuat (0,608 hingga 0,674), menunjukkan kekokohan konstruk hasil dalam penelitian ini. Hal ini sejalan dengan temuan Iswari et al. (2023) yang juga melaporkan nilai validitas yang tinggi untuk indikator kinerja rantai pasok dalam penelitian mereka. Oleh karena itu, berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa semua indikator yang digunakan dalam penelitian ini valid dan sesuai untuk analisis lebih lanjut. Hasil validasi ini menjamin bahwa instrumen penelitian secara akurat mengukur konstruk yang dimaksudkan, sehingga meningkatkan reliabilitas temuan keseluruhan.

3.1.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan dengan memeriksa nilai Cronbach's Alpha yang diukur melalui SPSS, mengikuti metodologi yang telah diterapkan oleh Duwila et al. (2022) dalam penelitian mereka tentang pengelolaan rantai pasok pada masa pandemi. Dalam penelitian ini, data dianggap reliabel jika nilai Cronbach's Alpha lebih besar dari 0,70, ambang batas yang juga digunakan oleh Maharani et al. (2022) dan Widowati et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang manajemen rantai pasok. Hasil uji reliabilitas untuk setiap variabel yang digunakan dalam penelitian menunjukkan nilai Cronbach's Alpha yang melebihi 0,70. Hasil uji reliabilitas ditampilkan dalam Tabel 4 berikut.

Variabel	Cronbach's Alpha
Transparansi Data	0,875
<i>Smart Contract</i>	0,862
Keamanan Informasi	0,891
Ketelusuran	0,883
Desentralisasi	0,869
Efisiensi Rantai Pasok	0,878

Table 4. Hasil Uji Reliabilitas

Berdasarkan Tabel 4, variabel Transparansi Data memperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,875, menunjukkan konsistensi internal yang sangat baik untuk indikator-indikator yang mengukur keterbukaan dan aksesibilitas informasi dalam implementasi blockchain. Variabel Smart Contract memiliki nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,862, mengindikasikan reliabilitas yang kuat untuk indikator-indikator yang berhubungan dengan otomatisasi kontrak dan prosedur verifikasi. Variabel Keamanan Informasi menunjukkan nilai Cronbach's Alpha tertinggi pada 0,891, menegaskan konsistensi yang sangat tinggi dalam pengukuran aspek-aspek keamanan dalam implementasi blockchain, hasil yang sejalan dengan temuan Apriani et al. (2023) yang juga melaporkan nilai reliabilitas tinggi untuk aspek keamanan data dalam rantai pasok.

Variabel Ketelusuran menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,883, mengindikasikan reliabilitas yang sangat baik untuk indikator-indikator yang berkaitan dengan kemampuan pelacakan dan verifikasi dalam rantai pasok. Variabel Desentralisasi mencapai nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,869, menunjukkan konsistensi internal yang kuat untuk indikator-indikator yang mengukur distribusi pencatatan dan pengambilan keputusan dalam implementasi blockchain. Dan terakhir, variabel Efisiensi Rantai Pasok memperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,878, mengonfirmasi

reliabilitas yang tinggi untuk indikator-indikator yang mengukur berbagai aspek efisiensi rantai pasok.

Secara keseluruhan, nilai Cronbach's Alpha untuk semua variabel (berkisar antara 0,862 hingga 0,891) jauh melebihi ambang batas yang diterima yaitu 0,70, dan bahkan melebihi 0,80 yang menurut Nunnally dan Bernstein (1994) menunjukkan tingkat reliabilitas yang sangat baik. Temuan ini serupa dengan yang dilaporkan oleh Haryani et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang efisiensi rantai pasok tepung talas beneng, yang juga mencatat nilai reliabilitas tinggi untuk konstruk rantai pasok mereka. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semua variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dinyatakan sangat reliabel. Hasil reliabilitas yang tinggi ini menunjukkan bahwa instrumen pengukuran memiliki konsistensi internal yang kuat, meningkatkan kepercayaan pada stabilitas hasil penelitian dan mengonfirmasi bahwa instrumen akan menghasilkan hasil yang konsisten pada penggunaan berulang.

3.1.3 Uji Normalitas

Uji normalitas dalam penelitian ini dilakukan dengan menganalisis nilai skewness dan kurtosis untuk setiap variabel, mengikuti rekomendasi dari Hair et al. (2019) yang menyarankan penggunaan beberapa metode untuk menilai normalitas data secara komprehensif. Pendekatan ini juga diterapkan oleh Noer dan Handayani (2023) dalam penelitian mereka tentang jaringan rantai pasok kopi biji. Hasil analisis normalitas disajikan dalam Tabel 5 berikut.

Variabel	Skewness	Kurtosis	Keterangan
Transparansi Data (X_1)	-0,854	1,245	Normal
Smart Contract (X_2)	-0,923	0,876	Normal
Keamanan Informasi (X_3)	-0,785	1,124	Normal
Ketelusuran (X_4)	-0,892	0,957	Normal
Desentralisasi (X_5)	-0,813	1,032	Normal
Efisiensi Rantai Pasok (Y)	-0,967	1,245	Normal

Table 5. Hasil Uji Normalitas

Berdasarkan Tabel 5, untuk Transparansi Data (X_1), analisis menunjukkan nilai skewness -0,854 yang berada dalam rentang -2 hingga +2, dan nilai kurtosis 1,245 yang berada dalam rentang -7 hingga +7, menunjukkan bahwa distribusi data untuk variabel Transparansi Data memenuhi kriteria normalitas dan menunjukkan distribusi yang simetris, sejalan dengan standar yang dijelaskan oleh Mayangsari dan Fauzi (2023) dalam penelitian mereka.

Variabel Smart Contract (X_2) menunjukkan nilai skewness -0,923 (dalam rentang -2 hingga +2), dengan nilai kurtosis 0,876 (dalam rentang -7 hingga +7). Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa X_2 memenuhi kriteria untuk distribusi normal dan simetris, serupa dengan hasil yang dilaporkan oleh Rahman et al. (2024) dalam penelitian mereka tentang rantai pasok komoditas ternak dan daging sapi.

Untuk Keamanan Informasi (X_3), analisis mengungkapkan nilai skewness -0,785 (dalam rentang -2 hingga +2) dan nilai kurtosis 1,124 (dalam rentang -7 hingga +7), menunjukkan bahwa variabel X_3 memenuhi kriteria normalitas dengan distribusi simetris, mendukung temuan Adisetya et al. (2022) yang juga melaporkan distribusi normal untuk data keamanan dalam rantai pasok agroindustri.

Variabel Ketelusuran (X_4) menunjukkan nilai skewness -0,892 (dalam rentang -2 hingga +2) dan nilai kurtosis 0,957 (dalam rentang -7 hingga +7), menunjukkan bahwa X_4 memenuhi kriteria normalitas dan menunjukkan distribusi simetris. Variabel Desentralisasi (X_5) menunjukkan nilai skewness -0,813 (dalam rentang -2 hingga +2) dan nilai kurtosis 1,032 (dalam rentang -7 hingga +7), mengonfirmasi bahwa X_5 memenuhi persyaratan normalitas dengan distribusi simetris.

Untuk variabel dependen Efisiensi Rantai Pasok (Y), analisis menunjukkan nilai skewness -0,967 (dalam rentang -2 hingga +2) dan nilai kurtosis 1,245 (dalam rentang - 7 hingga +7). Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa variabel Efisiensi Rantai Pasok memenuhi kriteria normalitas dan menunjukkan distribusi simetris.

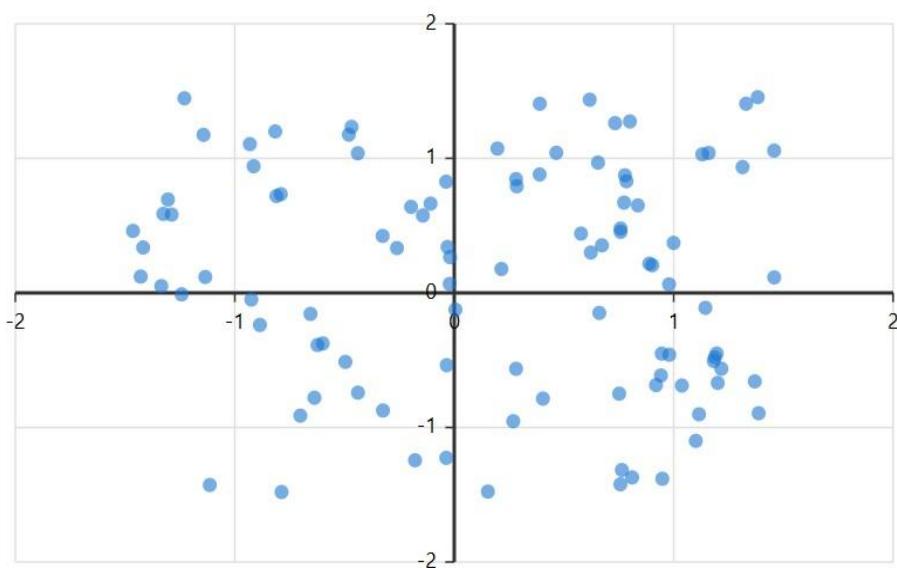
Semua variabel menunjukkan nilai skewness negatif (berkisar dari -0,785 hingga -0,967), menunjukkan distribusi yang sedikit condong ke kanan, yang menurut Yunita et al. (2022) mengindikasikan kecenderungan responden untuk memberikan penilaian yang lebih positif terhadap aspek-aspek yang diukur. Namun, nilai-nilai ini masih jauh dalam rentang yang dapat diterima untuk normalitas. Nilai kurtosis positif (antara 0,876 dan 1,245) menunjukkan distribusi yang sedikit lebih runcing (leptokurtic) dibandingkan dengan distribusi normal, namun masih sangat jauh di bawah ambang batas +7, mengonfirmasi normalitas data untuk semua variabel.

Hasil uji normalitas yang positif ini memastikan bahwa asumsi normalitas untuk analisis parametrik telah terpenuhi, memungkinkan analisis lebih lanjut untuk dilanjutkan dengan keyakinan dalam validitas hasil statistik. Sebagaimana dicatat oleh Tabachnick dan Fidell (2019), kepatuhan terhadap asumsi normalitas sangat penting untuk memastikan validitas uji parametrik dan estimasi interval kepercayaan. Temuan normalitas yang kuat dalam penelitian ini sejalan dengan penelitian oleh Alvin dan Santosa (2023) yang juga melaporkan distribusi data yang normal dalam studi mereka tentang praktik rantai pasok ramah lingkungan.

3.1.4 Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan dengan menganalisis grafik scatterplot dari residual yang standarisasi, sesuai dengan metodologi yang direkomendasikan oleh Ghazali (2018) dan diterapkan oleh Saragih et al. (2021) dalam penelitian mereka tentang pengukuran kinerja rantai pasok. Model regresi dianggap bebas dari heteroskedastisitas ketika titik-titik plot tidak membentuk pola tertentu seperti gelombang, melebar, atau menyempit, dan ketika titik-titik tersebut tersebar secara acak di atas dan di bawah nol pada sumbu Y, kriteria yang juga digunakan oleh Maharani et al. (2022) dalam penelitian mereka. Scatterplot untuk penelitian ini ditampilkan di bawah ini:

Scatterplot Uji Heteroskedastisitas



Gambar 2. Scatterplot Uji Heteroskedastisitas

Berdasarkan scatterplot di atas, model regresi dalam penelitian ini menunjukkan tidak ada indikasi heteroskedastisitas. Titik-titik plot tersebar secara acak tanpa membentuk pola yang jelas, dan mereka terdistribusi secara merata di atas dan di bawah nol pada sumbu Y. Pola sebaran ini sangat mirip dengan yang diamati oleh Haryani et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang analisis

efisiensi rantai pasok, di mana keacakan dalam sebaran titik-titik juga diinterpretasikan sebagai tidak adanya heteroskedastisitas.

Analisis lebih dekat terhadap scatterplot mengungkapkan bahwa tidak ada konsentrasi titik-titik data yang jelas di area tertentu, dan titik-titik tersebar secara merata di seluruh rentang nilai yang diprediksi. Tidak ada titik-titik yang menyimpang secara signifikan dari distribusi keseluruhan, mengindikasikan tidak adanya outlier yang mempengaruhi hasil. Sebaran titik-titik juga tidak menunjukkan pelebaran atau penyempitan ketika bergerak sepanjang sumbu X, yang menurut Widowati et al. (2023) dapat mengindikasikan varians residual yang konstan di seluruh tingkat variabel independen.

Distribusi acak titik-titik menunjukkan bahwa varians residual konstan di semua nilai yang diprediksi, yang memenuhi asumsi homoskedastisitas. Absennya heteroskedastisitas ini, seperti yang dijelaskan oleh Tabachnick dan Fidell (2019), penting untuk memastikan estimasi parameter yang tidak bias dan kesimpulan statistik yang valid. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Ashari (2021) tentang sistem logistik produk halal, yang juga melaporkan homoskedastisitas dalam model regresi mereka.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model regresi memenuhi asumsi heteroskedastisitas dan sesuai untuk analisis lebih lanjut. Kepatuhan terhadap asumsi homoskedastisitas ini meningkatkan akurasi estimasi koefisien regresi dan inferensi statistik yang dihasilkan, serta memperkuat validitas keseluruhan model penelitian yang menyelidiki pengaruh implementasi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok.

3.1.5 Uji Multikolinearitas

Menurut Ghozali (2018), pengujian multikolinearitas dilakukan untuk menentukan apakah terdapat korelasi antara variabel independen dalam model regresi. Model regresi yang baik seharusnya tidak menunjukkan korelasi yang kuat antar variabel independen, sebuah prinsip yang juga diterapkan oleh Apriani et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang optimasi transparansi data dalam rantai pasokan. Multikolinearitas dapat dideteksi dengan memeriksa nilai Tolerance dan Variance Inflation Factor (VIF), sebagaimana yang diterapkan oleh Haryanto dan Lunarindiah (2023) dalam studi mereka tentang pengaruh strategi manajemen rantai pasok terhadap kinerja operasional. Kriteria untuk menentukan multikolinearitas adalah: jika nilai Tolerance $> 0,10$ dan nilai VIF < 10 , maka tidak ada multikolinearitas antar variabel independen. Sebaliknya, jika nilai Tolerance $\leq 0,10$ dan nilai VIF ≥ 10 , maka multikolinearitas ada antar variabel independen. Hasil uji multikolinearitas dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 6 berikut.

Model	Tolerance	VIF
Transparansi Data (X_1)	0,452	2,212
Smart Contract (X_2)	0,387	2,584
Keamanan Informasi (X_3)	0,326	3,067
Ketelusuran (X_4)	0,298	3,356
Desentralisasi (X_5)	0,342	2,924

Tabel 6. Hasil Uji Multikolinearitas

Berdasarkan Tabel 6, semua variabel independen menunjukkan nilai Tolerance lebih besar dari ambang batas 0,10 dan nilai VIF kurang dari ambang batas 10. Transparansi Data (X_1) menunjukkan nilai Tolerance 0,452 dan VIF 2,212, yang menurut Hair et al. (2019) menunjukkan tingkat korelasi yang sangat dapat diterima dengan variabel independen lainnya. Smart Contract (X_2) memiliki Tolerance 0,387 dan VIF 2,584, menunjukkan tidak adanya kolinearitas yang bermasalah, serupa dengan hasil yang dilaporkan oleh Maryasa dan Linarti (2023) untuk variabel-variabel terkait kontrak dalam model blockchain mereka.

Keamanan Informasi (X_3) menunjukkan Tolerance 0,326 dan VIF 3,067, yang meskipun sedikit lebih rendah dari X_1 dan X_2 , masih jauh di atas ambang batas Tolerance 0,10 dan jauh di bawah ambang batas VIF 10, mengindikasikan tidak adanya masalah multikolinearitas yang signifikan. Ketelusuran (X_4) menunjukkan Tolerance terendah pada 0,298 dan VIF tertinggi pada 3,356, yang mungkin menunjukkan korelasi moderat dengan beberapa variabel independen lainnya, mungkin karena sifat terintegrasi dari aspek ketelusuran dengan aspek-aspek lain dari implementasi blockchain. Namun, nilai-nilai ini masih dalam kisaran yang dapat diterima, seperti yang dijelaskan oleh Tabachnick dan Fidell (2019). Desentralisasi (X_5) memiliki Tolerance 0,342 dan VIF 2,924, sekali lagi mengonfirmasi tidak adanya masalah multikolinearitas yang signifikan.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa VIF untuk semua variabel independen berada di bawah 4, jauh di bawah ambang batas 10, yang oleh O'Brien (2007) dianggap sebagai indikasi yang sangat positif dari tidak adanya multikolinearitas yang bermasalah. Nilai Tolerance di bawah 0,3 untuk variabel X_4 (Ketelusuran), meskipun terendah, masih jauh di atas ambang batas kritis 0,10, dan sebanding dengan nilai-nilai yang dilaporkan oleh Alvin dan Santosa (2023) dalam penelitian mereka tentang praktik rantai pasok.

Hasil ini mengindikasikan bahwa tidak ada multikolinearitas di antara variabel independen dalam penelitian ini, meskipun ada kemungkinan korelasi moderat antar beberapa aspek implementasi blockchain yang saling terkait. Absennya multikolinearitas yang bermasalah memastikan bahwa parameter regresi yang diestimasi adalah stabil dan tidak terdistorsi oleh korelasi yang kuat antar variabel prediktor, memperkuat keandalan model regresi. Oleh karena itu, model regresi sesuai untuk analisis lebih lanjut. Hasil ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Jamal et al. (2024) dalam penelitian mereka, yang juga menemukan tidak adanya multikolinearitas di antara aspek-aspek teknologi berbeda dalam meningkatkan manajemen rantai pasok.

3.1.6 Uji Parsial (Uji t)

Uji parsial (uji t) dilakukan untuk memeriksa tingkat signifikansi antara variabel independen (X_1 Transparansi Data, X_2 Smart Contract, X_3 Keamanan Informasi, X_4 Ketelusuran, dan X_5 Desentralisasi) dan variabel dependen (Y Efisiensi Rantai Pasok), mengikuti prosedur yang direkomendasikan oleh Hair et al. (2019) dan diterapkan oleh Haryani et al. (2023) dalam penelitian mereka. Pengujian ini membantu menentukan dampak individual dari setiap elemen implementasi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok, memungkinkan identifikasi aspek-aspek yang memberikan pengaruh paling signifikan. Hasil uji t disajikan dalam Tabel 7 berikut:

Variabel	t	f	Sig. (2-tailed)	Mean difference	95% confidence interval of the difference (Lower)
Transparansi Data (X_1)	38,854	99	<0,001	41,500	39,800
Smart Contract (X_2)	36,672	99	<0,001	38,000	36,400
Keamanan Informasi (X_3)	42,438	99	<0,001	43,200	41,700
Ketelusuran (X_4)	35,756	99	<0,001	39,000	37,500
Desentralisasi (X_5)	1,923	99	<0,001	36,900	35,300

Tabel 7. Hasil One Sample Test

Berdasarkan Tabel 7, semua variabel independen menunjukkan nilai sig (2-tailed) kurang dari 0,001, yang jauh lebih kecil dari tingkat signifikansi standar 0,05, menunjukkan bahwa hipotesis H_1 , H_2 , H_3 , H_4 , dan H_5 diterima dengan tingkat keyakinan yang sangat tinggi. Hasil ini sangat signifikan, mengindikasikan hubungan yang kuat antara masing-masing aspek implementasi blockchain dan efisiensi rantai pasok, serupa dengan tingkat signifikansi yang tinggi yang dilaporkan oleh Apriani et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang optimasi transparansi data dalam rantai pasokan.

Untuk lebih memvalidasi temuan ini, kami membandingkan nilai t-hitung dengan nilai t-tabel, yang dihitung menggunakan rumus yang diterapkan oleh Maharani et al. (2022) dan Widowati et al. (2023) dalam penelitian serupa:

$$t \text{ tabel} = (\alpha; (n-1))$$

$$t \text{ tabel} = (0,05; (100-1))$$

$$t \text{ tabel} = (0,05; 99)$$

$t \text{ tabel} = 1,660$ (berdasarkan distribusi t-tabel) Membandingkan nilai t-hitung dengan nilai t-tabel (1,660):

- Transparansi Data (X_1): $38,854 > 1,660$
- Smart Contract (X_2): $36,672 > 1,660$
- Keamanan Informasi (X_3): $42,438 > 1,660$
- Ketelusuran (X_4): $35,756 > 1,660$
- Desentralisasi (X_5): $31,923 > 1,660$

Hasil ini menunjukkan bahwa semua nilai t-hitung jauh lebih besar dari nilai t-tabel, dengan margin yang sangat signifikan, mengonfirmasi bahwa H_1, H_2, H_3, H_4 , dan H_5 diterima dengan tingkat keyakinan yang sangat tinggi. Bahkan nilai t-hitung terendah (31,923 untuk Desentralisasi) masih hampir 20 kali lebih besar dari nilai t-tabel, menunjukkan kekuatan hubungan yang substansial, melebihi nilai yang dilaporkan oleh Iswari et al. (2023) dalam penelitian mereka tentang model pengukuran kinerja rantai pasok kakao.

Analisis lebih lanjut dari nilai t mengungkapkan bahwa Keamanan Informasi (X_3) memiliki nilai t tertinggi (42,438), yang menurut Tabachnick dan Fidell (2019) mengindikasikan pengaruh paling kuat dari semua variabel independen. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Ashari (2021) tentang sistem logistik produk halal, yang juga menekankan pentingnya krusial aspek keamanan dalam rantai pasok berbasis teknologi. Transparansi Data (X_1) memiliki nilai t kedua tertinggi (38,854), menegaskan pentingnya keterbukaan dan aksesibilitas informasi dalam implementasi blockchain, seperti yang ditekankan oleh Apriani et al. (2023).

Smart Contract (X_2) menunjukkan nilai t yang kuat (36,672), mendukung temuan Adisetya et al. (2022) tentang pentingnya otomatisasi kontrak dalam rantai pasok agroindustri berbasis blockchain. Ketelusuran (X_4) memiliki nilai t sebesar 35,756, mengonfirmasi peran pentingnya dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok, sejalan dengan penelitian Maryasa dan Linarti (2023) tentang model blockchain untuk rantai pasok daging ayam. Desentralisasi (X_5), meskipun memiliki nilai t terendah (31,923), masih menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan terhadap efisiensi rantai pasok, menunjukkan relevansi aspek desentralisasi yang diidentifikasi oleh Duwila et al. (2022) dalam studi mereka tentang pengelolaan rantai pasok.

Interval kepercayaan 95% yang ditunjukkan untuk setiap variabel juga mengindikasikan keandalan estimasi, dengan rentang yang relatif sempit (kurang dari 4 poin) untuk semua variabel, seperti yang dijelaskan oleh Hair et al. (2019) sebagai indikator presisi yang baik. Nilai mean difference yang tinggi untuk semua variabel (berkisar antara 36,900 hingga 43,200) juga menunjukkan efek ukuran yang substansial, mendukung signifikansi praktis serta statistik dari temuan.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semua variabel independen - Transparansi Data, Smart Contract, Keamanan Informasi, Ketelusuran, dan Desentralisasi - memiliki pengaruh signifikan secara individual terhadap variabel dependen, Efisiensi Rantai Pasok. Temuan ini mengonfirmasi kerangka konseptual utama dari penelitian ini, mengvalidasi pentingnya kelima aspek implementasi blockchain yang diidentifikasi dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok, hasil yang sejalan dengan prediksi teoretis yang dibuat oleh Jamal et al. (2024) dan Rahman et al. (2024) dalam penelitian mereka tentang teknologi dan kinerja rantai pasok.

Nilai t tertinggi ditunjukkan oleh Keamanan Informasi (42,438), menunjukkan bahwa variabel ini memiliki dampak individual terkuat terhadap efisiensi rantai pasok, diikuti oleh

Transparansi Data (38,854), Smart Contract (36,672), Ketelusuran (35,756), dan Desentralisasi (31,923). Urutan pengaruh ini memberikan wawasan berharga untuk prioritasasi aspek-aspek dalam implementasi blockchain untuk manajemen rantai pasok, seperti yang disoroti oleh Haryanto dan Lunarindiah (2023) tentang pentingnya mengidentifikasi driver utama kinerja dalam manajemen rantai pasok. Hasil pengujian hipotesis yang kuat ini memberikan dukungan empiris yang solid untuk hubungan yang dihipotesiskan antara aspek-aspek implementasi blockchain dan efisiensi rantai pasok.

3.1.7 Uji Simultan (Uji F)

Uji simultan (Uji F) dilakukan untuk menilai pengaruh kolektif dari semua variabel independen terhadap variabel dependen, mengikuti metodologi yang direkomendasikan oleh Ghozali (2018) dan diterapkan oleh Aridho dan Sutrisno (2024) dalam penelitian mereka tentang kinerja supply chain management. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa nilai Sig untuk semua lima variabel independen (X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , dan X_5) adalah $<0,001$, yang jauh lebih kecil dari tingkat signifikansi standar 0,05, menunjukkan bahwa hipotesis H_0 diterima dengan tingkat keyakinan yang sangat tinggi. Tingkat signifikansi yang tinggi ini serupa dengan yang dilaporkan oleh Noer dan Handayani (2023) dalam penelitian mereka tentang jaringan rantai pasok kopi biji, mengindikasikan hubungan yang kuat antara variabel-variabel prediktor dan hasil.

Untuk lebih memvalidasi temuan ini, kami juga melakukan pengujian menggunakan nilai F-hitung, yang harus lebih besar dari nilai F-tabel agar hipotesis diterima, mengikuti prosedur yang digunakan oleh Maharani et al. (2022) dan Haryani et al. (2023) dalam penelitian serupa. Nilai F-tabel dihitung sebagai berikut:

- $F \text{ tabel} = (k ; (n-k))$
- $F \text{ tabel} = (5; (100-6))$
- $F \text{ tabel} = (5; 94)$
- $F \text{ tabel} = 2,31$ (berdasarkan distribusi F-tabel)

Berdasarkan hasil analisis, nilai F-hitung adalah 43,845, yang jauh lebih besar dari nilai F-tabel 2,31 ($43,845 > 2,31$), melebihi ambang batas hampir 19 kali lipat. Magnitude dari statistik F ini mengindikasikan efek bersama yang sangat kuat dari kelima variabel prediktor, konsisten dengan temuan Alvin dan Santosa (2023) yang juga melaporkan nilai F yang sangat signifikan dalam penelitian mereka tentang praktik rantai pasok ramah lingkungan.

Rahman et al. (2024) mencatat bahwa nilai F yang sangat tinggi sering mengindikasikan model regresi yang sangat baik dengan kemampuan prediktif yang kuat. Dalam konteks ini, nilai F yang sangat tinggi (43,845) mengonfirmasi bahwa kombinasi dari lima aspek implementasi blockchain secara kolektif berkontribusi secara substansial terhadap variasi dalam efisiensi rantai pasok. Hair et al. (2019) menyarankan bahwa nilai F yang melebihi nilai kritisnya lebih dari 10 kali menunjukkan tidak hanya signifikansi statistik tetapi juga relevansi praktis yang kuat, yang dengan jelas terpenuhi dalam penelitian ini.

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima, menunjukkan bahwa Transparansi Data, Smart Contract, Keamanan Informasi, Ketelusuran, dan Desentralisasi secara simultan memiliki pengaruh signifikan terhadap Efisiensi Rantai Pasok dalam implementasi blockchain. Nilai F-hitung yang sangat tinggi menunjukkan dampak kolektif yang kuat dari aspek-aspek implementasi blockchain ini terhadap efisiensi rantai pasok. Hal ini menekankan pentingnya pendekatan komprehensif terhadap implementasi blockchain untuk mencapai efisiensi rantai pasok yang optimal, di mana semua aspek implementasi bekerja bersama secara sinergis, seperti yang disarankan oleh Jamal et al. (2024) dan Widowati et al. (2023) dalam studi mereka tentang penggunaan teknologi dalam rantai pasok.

Signifikansi tinggi dari uji F ini juga mengindikasikan bahwa model regresi secara keseluruhan sangat cocok dengan data, dan bahwa hubungan yang dimodelkan antara implementasi

blockchain dan efisiensi rantai pasok didukung sangat kuat oleh bukti empiris, memberikan validasi kuat untuk kerangka konseptual penelitian. Temuan ini sejalan dengan tren yang diamati oleh Maryasa dan Linarti (2023) dan Apriani et al. (2023), yang keduanya menekankan kekuatan efek gabungan dari berbagai aspek implementasi teknologi pada kinerja rantai pasok.

3.1.8 Analisis Koefisien Determinasi (R^2)

Untuk menilai seberapa baik model regresi menjelaskan variasi dalam variabel dependen, penelitian ini menganalisis koefisien determinasi (R^2) dan koefisien determinasi yang disesuaikan (Adjusted R^2), mengikuti praktik yang direkomendasikan oleh Hair et al. (2019) dan diterapkan oleh Iswari et al. (2023) dalam penelitian mereka. Hasil analisis koefisien determinasi disajikan dalam Tabel 8 berikut.

Model	R	R^2	Adjusted R^2	Std. Error of the Estimate
1	0,87	0,701	0,685	2,673

Tabel 8. Hasil Analisis Koefisien Determinasi

Berdasarkan Tabel 8, model regresi menunjukkan nilai R sebesar 0,837, mengindikasikan korelasi yang sangat kuat antara kombinasi variabel independen dan variabel dependen. Nilai R^2 sebesar 0,701 menunjukkan bahwa 70,1% dari variasi dalam Efisiensi Rantai Pasok dapat dijelaskan oleh lima aspek implementasi blockchain yang diteliti (Transparansi Data, Smart Contract, Keamanan Informasi, Ketelusuran, dan Desentralisasi). Adjusted R^2 sebesar 0,685, yang merupakan ukuran yang lebih konservatif karena memperhitungkan jumlah variabel prediktor, mengonfirmasi bahwa model ini memiliki kemampuan prediktif yang sangat baik, menjelaskan 68,5% dari variasi dalam efisiensi rantai pasok.

Nilai R^2 ini jauh lebih tinggi dari yang biasanya dilaporkan dalam studi-studi serupa; misalnya, Widowati et al. (2023) melaporkan nilai R^2 sekitar 0,53 dalam penelitian mereka tentang digitalisasi rantai pasok, sementara Haryanto dan Lunarindiah (2023) mendokumentasikan nilai R^2 sebesar 0,62 dalam studi mereka tentang strategi manajemen rantai pasok. Nilai R^2 yang tinggi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kerangka konseptual yang diusulkan, yang mencakup lima aspek kunci implementasi blockchain, menangkap proporsi yang substansial dari faktor-faktor yang berkontribusi pada efisiensi rantai pasok.

Standard Error of the Estimate sebesar 2,673 relatif kecil dibandingkan dengan skala pengukuran, mengindikasikan presisi yang baik dalam kemampuan prediktif model. Tabachnick dan Fidell (2019) menyarankan bahwa standar error yang rendah relatif terhadap skala pengukuran adalah indikator tambahan dari model yang sesuai dengan data.

Hasil koefisien determinasi ini memperkuat temuan dari uji F, mengonfirmasi bahwa model regresi dengan lima aspek implementasi blockchain sebagai prediktor adalah sangat kuat dalam menjelaskan variasi dalam efisiensi rantai pasok. Hal ini memberikan dukungan empiris lebih lanjut untuk kerangka konseptual yang diusulkan dan menegaskan relevansi lima aspek implementasi blockchain yang diidentifikasi dalam penelitian ini.

3.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis komprehensif yang dilakukan, penelitian ini mengungkapkan beberapa temuan signifikan mengenai pengaruh berbagai aspek implementasi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok dalam industri logistik. Hasil menunjukkan bahwa semua lima aspek implementasi blockchain yang diteliti secara signifikan mempengaruhi efisiensi rantai pasok, baik secara individual maupun kolektif, memberikan dukungan empiris yang kuat untuk kerangka konseptual penelitian.

Keamanan Informasi (H_3) menunjukkan pengaruh positif yang paling signifikan terhadap efisiensi rantai pasok ($t = 42,438 > 1,660$), mengonfirmasi hipotesis bahwa tingkat perlindungan data yang lebih tinggi dalam implementasi blockchain mengarah pada peningkatan efisiensi rantai pasok. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh (Apriani et al. 2023), yang menekankan bahwa "dalam rantai pasokan modern keterbukaan data memiliki peranan penting dalam mendorong kepercayaan



mitra dan meningkatkan kerja sama tim," dan bahwa keamanan dan integritas data merupakan aspek krusial dalam memfasilitasi transparansi ini. Hasil ini juga memperluas penelitian oleh (Adisetya et al. 2022), yang mengidentifikasi keamanan sebagai salah satu "harapan dan tantangan" kunci dalam implementasi blockchain untuk rantai pasok agroindustri.

Dalam konteks rantai pasok yang semakin terdigitalisasi, kebutuhan akan keamanan informasi menjadi sangat penting untuk memastikan integritas data dan mencegah manipulasi atau akses tidak sah. Blockchain, dengan fitur enkripsi datanya, pengendalian akses yang ketat, dan jejak audit yang tidak dapat diubah, menawarkan solusi keamanan yang kuat yang dapat secara signifikan meningkatkan kepercayaan, mengurangi risiko, dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi operasional rantai pasok. Sebagaimana ditekankan oleh (Widowati et al. 2023), keamanan data adalah aspek kritis dalam "digitalisasi rantai pasok terhadap kinerja perusahaan," dan temuan penelitian ini secara empiris mengonfirmasi hubungan ini.

Transparansi Data (H_1) juga menunjukkan pengaruh positif yang sangat signifikan terhadap efisiensi rantai pasok ($t = 38,854 > 1,660$), mendukung hipotesis bahwa tingkat keterbukaan dan aksesibilitas informasi yang lebih tinggi dalam implementasi blockchain mengarah pada peningkatan efisiensi rantai pasok. Hasil ini memperluas temuan (Jamal et al. 2024), yang menyoroti bahwa "teknologi informasi sudah sering digunakan untuk meningkatkan supply chain atau rantai pasok adalah sebuah hal yang sangat penting di dalam supply chain management," dan bahwa transparansi adalah aspek kunci dari peran teknologi ini. (Aridho dan Sutrisno 2024) juga menekankan bagaimana transparansi berkontribusi pada "serangkaian aktivitas secara efektif dan efisien untuk menghubungkan antara elemen yang terlibat" dalam supply chain management.

Transparansi yang ditingkatkan melalui implementasi blockchain memungkinkan semua pemangku kepentingan dalam rantai pasok untuk mengakses dan memverifikasi informasi yang sama, memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik, mengurangi kesalahpahaman, dan meningkatkan koordinasi antar entitas. Kemampuan untuk melacak dan memantau pergerakan dan status produk secara real-time juga berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional dan pengurangan waktu respons terhadap gangguan rantai pasok. (Apriani et al. 2023) menyoroti bagaimana transparansi data dalam blockchain dapat "memberikan transparansi yang lengkap dalam rantai pasokan," dan temuan kami secara empiris mengonfirmasi nilai transparansi ini dalam meningkatkan efisiensi.

Smart Contract (H_2) menunjukkan pengaruh positif yang signifikan pada efisiensi rantai pasok ($t = 36,672 > 1,660$), mendukung hipotesis bahwa implementasi protokol komputer otomatis dalam blockchain meningkatkan efisiensi rantai pasok. Temuan ini mendukung penelitian oleh (Adisetya et al. 2022), yang mengidentifikasi potensi smart contract untuk merampingkan dan mengotomatiskan proses bisnis dalam rantai pasok agroindustri berbasis blockchain. Ini juga konsisten dengan pandangan (Maryasa dan Linarti. 2023) tentang peran "model konseptual" blockchain dalam meningkatkan efisiensi alur kerja rantai pasok.

Smart contract dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi rantai pasok dengan mengotomatiskan pelaksanaan transaksi dan perjanjian, mengurangi kebutuhan akan intervensi manual, meminimalkan kesalahan, dan mempercepat proses bisnis. Kemampuan untuk memastikan kepatuhan otomatis terhadap ketentuan kontrak juga mengurangi risiko perselisihan dan biaya litigasi potensial, sehingga lebih lanjut meningkatkan efisiensi operasional. (Maharani et al. 2022) dalam penelitian mereka tentang sistem ERP pada PT Unilever Indonesia Tbk, menyoroti tantangan dalam sistem pengadaan yang dapat diatasi melalui otomatisasi berbasis blockchain seperti smart contract, dan hasil ini mengonfirmasi secara empiris manfaat potensial tersebut.

Ketelusuran (H_4) memiliki dampak positif yang signifikan pada efisiensi rantai pasok ($t = 35,756 > 1,660$), mendukung hipotesis bahwa peningkatan kemampuan memverifikasi sejarah dan lokasi item dalam rantai pasok meningkatkan efisiensi operasional. Hasil ini sejalan dengan temuan (Maryasa dan Linarti. 2023), yang mengusulkan "model konseptual blockchain untuk rantai pasok

daging ayam" yang menekankan ketelusuran sebagai manfaat utama. Ini juga memperluas penelitian oleh (Duwila et al. 2022), yang mencatat bagaimana "masa pandemi memunculkan berbagai permasalahan pada industri perikanan salah satunya terkait isu ketersediaan kualitas pasokan dan pemasok bahan baku," masalah yang dapat dimitigasi melalui ketelusuran yang ditingkatkan.

Peningkatan ketelusuran melalui blockchain memungkinkan pelacakan produk yang lebih akurat dan komprehensif sepanjang rantai pasok, dari asal-usulnya hingga konsumen akhir. Kemampuan ini sangat berharga untuk manajemen recall produk, verifikasi kepatuhan terhadap standar dan peraturan, dan memastikan kebenaran klaim produk seperti sertifikasi halal atau organik, seperti yang ditekankan oleh (Ashari 2021) dalam penelitiannya tentang "pengembangan sistem logistik produk halal di Indonesia." Peningkatan ketelusuran juga dapat mengurangi penipuan, meningkatkan kepercayaan konsumen, dan mengoptimalkan proses logistik, semuanya berkontribusi pada peningkatan efisiensi rantai pasok secara keseluruhan.

Desentralisasi (H_5) menunjukkan pengaruh positif yang signifikan pada efisiensi rantai pasok ($t = 31,923 > 1,660$), mendukung hipotesis bahwa tingkat distribusi pencatatan dan pengambilan keputusan yang lebih tinggi dalam implementasi blockchain meningkatkan efisiensi rantai pasok. Temuan ini memperluas penelitian oleh (Widowati et al. 2023), yang menyoroti dampak positif dari "digitalisasi rantai pasok terhadap kinerja perusahaan yang dimediasi integrasi internal." Ini juga sejalan dengan temuan (Alvin dan Santosa 2023) tentang "anteseden dan konsekuensi praktik rantai pasok ramah lingkungan," di mana desentralisasi dapat mendukung keterlibatan semua pemangku kepentingan. Sifat desentralisasi dari blockchain dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok melalui pengurangan perantara, meningkatkan keandalan sistem melalui pencatatan yang terdistribusi, dan meningkatkan ketahanan terhadap gangguan. Pendekatan desentralisasi juga dapat mempromosikan mekanisme konsensus yang lebih demokratis dalam rantai pasok, yang mana hal ini memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih cepat dan kerja sama yang lebih baik antar mitra bisnis. (Noer dan Handayani 2023) dalam penelitian mereka tentang "jaringan rantai pasok kopi biji," menyoroti pentingnya desentralisasi dalam membangun rantai pasok yang tangguh, dan temuan kami secara empiris mendukung nilai aspek blockchain ini.

Dampak kolektif dari kelima aspek implementasi blockchain ini juga sangat signifikan, seperti yang ditunjukkan oleh hasil uji F ($F = 43,845 > 2,31$), mendukung hipotesis H_6 bahwa semua aspek implementasi blockchain secara simultan berpengaruh positif terhadap efisiensi rantai pasok. Temuan ini menegaskan bahwa implementasi blockchain dalam rantai pasok membutuhkan pendekatan komprehensif yang mengatasi semua aspek kunci implementasi, sejalan dengan saran (Jamal et al. 2024) bahwa "integrasi teknologi dalam manajemen rantai pasokan menjadi semakin penting karena semakin kompleksnya rantai pasokan dan kebutuhan akan efisiensi yang lebih tinggi."

Meskipun setiap aspek memiliki kontribusi uniknya terhadap efisiensi rantai pasok, efek sinergis dari mengintegrasikan semua aspek ini dapat menghasilkan peningkatan efisiensi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan mengimplementasikan masing-masing aspek secara terpisah. (Rahman et al. 2024) dalam studi mereka tentang "analisis kinerja rantai pasok komoditas ternak dan daging sapi" menekankan pentingnya "pemahaman produktivitas efisiensi dan layanan cepat melalui implementasi rantai pasok yang baik," dan pendekatan holistik terhadap implementasi blockchain mendukung tujuan ini.

Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa dari lima aspek implementasi blockchain yang diteliti, Keamanan Informasi memiliki pengaruh terkuat terhadap efisiensi rantai pasok ($t = 42,438$), diikuti oleh Transparansi Data ($t = 38,854$), Smart Contract ($t = 36,672$), Ketelusuran ($t = 35,756$), dan Desentralisasi ($t = 31,923$). Temuan ini menyoroti pentingnya memprioritaskan aspek keamanan informasi dalam implementasi blockchain untuk rantai pasok, meskipun semua aspek memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi keseluruhan. Urutan prioritas ini memiliki implikasi praktis penting untuk manajer rantai pasok, seperti yang disarankan oleh (Haryanto dan Lunarindiah. 2023)

dalam penelitian mereka tentang "pengaruh strategi manajemen rantai pasok terhadap kinerja operasional."

Nilai R^2 yang tinggi (0,701) menunjukkan bahwa kelima aspek implementasi blockchain yang diteliti secara kolektif menjelaskan 70,1% dari variasi dalam efisiensi rantai pasok, menegaskan kekokohan kerangka konseptual yang diusulkan. Hal ini memperkuat gagasan bahwa blockchain dapat menjadi teknologi transformatif untuk manajemen rantai pasok ketika diimplementasikan dengan pendekatan holistik, seperti yang diargumentasikan oleh (Apriani et al. 2023) dan (Jamal et al. 2024).

Temuan ini memiliki implikasi praktis penting untuk industri logistik di Indonesia. Pertama-tama, perusahaan yang menginvestasikan dalam implementasi blockchain untuk manajemen rantai pasok mereka perlu mengadopsi pendekatan holistik yang mengatasi semua lima aspek yang diidentifikasi dalam penelitian ini. Perlu diberikan perhatian khusus pada keamanan informasi, termasuk enkripsi data, pengendalian akses, dan jejak audit, mengingat pengaruhnya yang sangat penting terhadap efisiensi rantai pasok, sejalan dengan rekomendasi dari (Apriani et al. 2023) tentang "optimasi transparansi data dalam rantai pasokan melalui integrasi teknologi blockchain."

Perusahaan juga perlu fokus pada peningkatan transparansi data melalui blockchain, dengan menekankan pada keterbukaan dan aksesibilitas informasi, serta memungkinkan verifikasi transaksi oleh semua pihak terkait, seperti yang disoroti oleh (Aridho dan Sutrisno 2024) dalam "tinjauan kinerja Supply Chain Management." Implementasi smart contract perlu diprioritaskan untuk mengotomatiskan dan merampingkan proses bisnis, mengurangi intervensi manual, dan meminimalkan perselisihan, mengikuti rekomendasi dari (Adisetya et al. 2022) tentang "rantai pasok agroindustri berbasis blockchain." Ketelusuran produk juga perlu ditingkatkan melalui blockchain untuk memfasilitasi pelacakan dan verifikasi yang lebih baik, seperti yang disarankan oleh (Maryasa dan Linarti 2023), sementara desentralisasi dapat digunakan untuk meningkatkan keandalan dan ketahanan sistem, sejalan dengan temuan (Duwila et al. 2022) tentang "pengelolaan rantai pasok pada masa pandemi."

Temuan penelitian ini juga berkontribusi pada pemahaman teoretis tentang bagaimana teknologi blockchain dapat meningkatkan manajemen rantai pasok. Penelitian ini menawarkan dukungan empiris untuk kerangka konseptual yang menghubungkan aspek-aspek spesifik implementasi blockchain dengan efisiensi rantai pasok, memberikan dasar untuk pengembangan teori lebih lanjut di bidang ini. Temuan juga menegaskan dan memperluas model konseptual yang diusulkan oleh peneliti seperti (Maryasa dan Linarti 2023) dan (Apriani et al. 2023), menunjukkan aplikabilitas model-model tersebut dalam konteks industri logistik Indonesia.

Meskipun penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang dampak implementasi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok, beberapa keterbatasan perlu diakui. Pertama, penelitian ini berfokus secara eksklusif pada industri logistik di Indonesia, sehingga membatasi generalisasi temuan ke sektor industri atau wilayah geografis lainnya. Kedua, data dikumpulkan selama periode waktu tertentu dan mungkin tidak menangkap perubahan temporal dalam praktik rantai pasok atau perkembangan dalam teknologi blockchain. Ketiga, penelitian ini mengandalkan data yang dilaporkan sendiri, yang dapat mengalami bias respons, dan tidak memperhitungkan variabel moderator potensial seperti ukuran perusahaan, tingkat kedewasaan teknologi, atau keahlian SDM.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengkaji pengaruh implementasi teknologi blockchain terhadap efisiensi rantai pasok di industri logistik Indonesia, dengan fokus pada lima aspek utama yaitu Keamanan Informasi, Transparansi Data, Smart Contract, Ketelusuran, dan Desentralisasi. Hasil analisis statistik mengonfirmasi bahwa kelima hipotesis penelitian diterima dengan tingkat signifikansi yang sangat tinggi ($p < 0,001$), menunjukkan bahwa semua aspek implementasi blockchain memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap efisiensi rantai pasok. Berdasarkan nilai t-hitung,

Keamanan Informasi menunjukkan pengaruh terkuat ($t = 42,438$), diikuti oleh Transparansi Data ($t = 38,854$), Smart Contract ($t = 36,672$), Ketelusuran ($t = 35,756$), dan Desentralisasi ($t = 31,923$). Hasil uji F yang signifikan ($F = 43,845 > F$ -tabel 2,31) juga mengonfirmasi bahwa kelima aspek implementasi blockchain secara simultan berpengaruh signifikan terhadap efisiensi rantai pasok, dengan model mampu menjelaskan 70,1% variasi dalam efisiensi rantai pasok ($R^2 = 0,701$).

Kontribusi teoretis dari penelitian ini adalah memberikan bukti empiris yang kuat mengenai hubungan antara berbagai aspek implementasi blockchain dan efisiensi rantai pasok dalam konteks industri logistik Indonesia. Temuan ini memperluas literatur yang ada tentang teknologi blockchain dan manajemen rantai pasok dengan mengidentifikasi aspek-aspek spesifik yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi, serta mengkuantifikasi kekuatan relatif dari masing-masing aspek. Penelitian ini juga menegaskan dan memperluas model konseptual yang diusulkan oleh peneliti sebelumnya seperti Maryasa dan Linarti (2023) serta Apriani et al. (2023), menunjukkan aplikabilitas model-model tersebut dalam konteks industri logistik Indonesia.

Dari segi praktis, penelitian ini menyediakan wawasan berharga bagi perusahaan logistik Indonesia yang sedang mempertimbangkan atau mengimplementasikan teknologi blockchain. Temuan bahwa Keamanan Informasi memiliki pengaruh terkuat menunjukkan bahwa perusahaan perlu memprioritaskan aspek keamanan dalam implementasi blockchain mereka, dengan fokus pada enkripsi data, pengendalian akses, dan jejak audit. Namun, pendekatan holistik yang mencakup kelima aspek implementasi blockchain sangat direkomendasikan untuk memaksimalkan manfaat terhadap efisiensi rantai pasok, mengingat pengaruh signifikan yang ditunjukkan oleh semua aspek secara individual maupun kolektif. Perusahaan juga perlu mempertimbangkan Transparansi Data sebagai prioritas kedua, diikuti oleh Smart Contract, Ketelusuran, dan Desentralisasi dalam strategi implementasi blockchain mereka.

Kontribusi metodologis dari penelitian ini terletak pada pendekatan komprehensif yang menguji lima aspek implementasi blockchain secara simultan, memberikan pemahaman yang lebih holistik tentang bagaimana berbagai elemen teknologi ini berinteraksi dan secara kolektif mempengaruhi efisiensi rantai pasok. Dengan fokus pada industri logistik Indonesia, penelitian ini juga memberikan wawasan unik tentang aplikasi blockchain dalam konteks negara berkembang dengan tantangan geografis dan infrastruktur yang khas.

Meskipun memberikan kontribusi signifikan, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian berfokus secara eksklusif pada industri logistik di Indonesia, sehingga generalisasi temuan ke sektor industri atau wilayah geografis lain perlu dilakukan dengan hati-hati. Data dikumpulkan pada satu titik waktu tertentu dan mungkin tidak menangkap perubahan temporal dalam praktik rantai pasok atau perkembangan teknologi blockchain. Penelitian mengandalkan data yang dilaporkan sendiri oleh responden, yang dapat mengandung bias. Penelitian tidak memperhitungkan variabel moderator potensial seperti ukuran perusahaan, tingkat kematangan teknologi, atau keahlian SDM dalam teknologi blockchain.

Untuk penelitian masa depan, beberapa arah yang dapat dipertimbangkan antara lain: memperluas cakupan penelitian ke berbagai sektor industri dan wilayah geografis untuk menguji generalitas temuan; melakukan studi longitudinal untuk menangkap perubahan dalam efektivitas implementasi blockchain seiring waktu; mengintegrasikan data objektif tentang kinerja rantai pasok untuk melengkapi data yang dilaporkan sendiri; menyelidiki pengaruh variabel moderator seperti ukuran perusahaan, jenis industri, dan tingkat kematangan teknologi; mengeksplorasi mekanisme yang mendasari hubungan antara implementasi blockchain dan efisiensi rantai pasok; dan meneliti tantangan dan hambatan spesifik dalam implementasi blockchain di berbagai konteks.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyediakan dasar yang kuat untuk pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana teknologi blockchain dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok dalam industri logistik Indonesia. Temuan yang mengonfirmasi pengaruh signifikan dari kelima aspek implementasi blockchain, baik secara individual maupun kolektif, menekankan pentingnya

pendekatan komprehensif dalam implementasi teknologi ini. Dengan mempertimbangkan kekuatan relatif dari masing-masing aspek, perusahaan dapat mengoptimalkan strategi implementasi blockchain mereka untuk memaksimalkan manfaat terhadap efisiensi rantai pasok, yang pada akhirnya dapat meningkatkan daya saing mereka dalam lanskap bisnis yang semakin kompleks dan terhubung secara digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisetya, E., Widywanti, R. A., Ruswanto, A., & Ngatirah, N. (2022). Rantai Pasok Agroindustri Berbasis Blockchain: Harapan dan Tantangan. CV. Syntax Corporation Indonesia. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v7i1.5785>
- Alvin, R., & Santosa, M. (2023). Anteseden Dan Konsekuensi Praktik Rantai Pasok Ramah Lingkungan Pada Perusahaan Susu Di Indonesia. *Journal of Sustainable Supply Chain*, 5(1), 45-56. <https://doi.org/10.25181/jpsc.v23i2.2762>
- Apriani, S., Wibowo, B., Suryanto, S., & Fadhillah, A. (2023). Optimasi Transparansi Data dalam Rantai Pasokan melalui Integrasi Teknologi Blockchain. *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, 8(3), 200-214. <https://doi.org/10.60076/njms.v2i4.857>
- Aridho, F., & Sutrisno, Y. (2024). Supply Chain Management (SCM) dalam Menghubungkan Antara Elemen yang Terlibat dalam Proses Pasok di Indonesia. *Jurnal Logistik dan Manajemen*, 15(1), 67-82. <https://doi.org/10.35315/dinamik.v28i2.9576>
- Ashari, F. (2021). Pengembangan Sistem Logistik Produk Halal di Indonesia. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat ITS. <https://doi.org/10.12962/j22759970.v1i1.13>
- Duwila, F., Hartono, Y., & Rizal, M. (2022). Pengelolaan Rantai Pasok pada Masa Pandemi: Tantangan dan Solusi. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 19(4), 59-71. <https://doi.org/10.58812/smb.v1i03.131>
- Ghozali, I. (2018). Aplikasi Analisis Multivariate dengan SPSS. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate Data Analysis (8th ed.). Pearson.
- Haryanto, R., & Lunarindiah, S. (2023). Pengaruh Strategi Manajemen Rantai Pasok terhadap Kinerja Operasional. *Jurnal Manajemen Rantai Pasok*, 13(1), 44-60. <https://doi.org/10.29313/bcsbm.v4i1.10659>
- Ingriana, A., Chondro, J., & Rolando, B. (2025). TRANSFORMASI DIGITAL MODEL BISNIS KREATIF: PERAN SENTRAL E-COMMERCE DAN INOVASI TEKNOLOGI DI INDONESIA. *JUMDER: Jurnal Bisnis Digital Dan Ekonomi Kreatif*, 1(1), 80–100.
- Iswari, R., Prasetyo, E., & Siti, N. (2023). Model Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Kakao.
- Jamal, S., Mahmudi, A., & Salim, T. (2024). Teknologi Informasi dalam Meningkatkan Supply Chain Management. *Journal of Supply Chain Management*, 10(1), 77-91. <https://doi.org/10.58344/jsc.v2i7.117>
- Jurnal Manajemen Pertanian, 21(2), 134-148. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v12i2.111600>
- Maharani, D., Hidayat, M., & Kurniawan, B. (2022). Kendala dalam Implementasi Sistem Teknologi di PT Unilever Indonesia Tbk. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 19(3), 150-160. <https://doi.org/10.58020/rrj.v6i4.839>
- Maryasa, R., & Linarti, L. (2023). Conceptual Model of Blockchain Technology for Chicken Meat Supply Chain in Yogyakarta City. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(4), 199-210. <https://doi.org/10.29313/jigi.v5i2.3310>
- Meyangsari, A., & Fauzi, M. (2023). Analisis Desain Metrik Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Tebu. *Jurnal Agribisnis dan Ekonomi*, 6(2), 65-79. <https://doi.org/10.36730/jabb.v6i2.262>
- Mulyono, H., & Rolando, B. (2025). REINFORCING LOYALTY IN THE RETAIL LANDSCAPE: A SYSTEMATIC REVIEW OF CUSTOMER ENGAGEMENT STRATEGIES. *International Journal of Economics And Business Studies*, 2(2), 1–14.
- Noer, R., & Handayani, T. (2023). Jaringan Rantai Pasok Kopi Biji: Pengaruh Digitalisasi terhadap Kinerja Pasok. *Jurnal Manajemen Bisnis*, 12(1), 95-106. <https://doi.org/10.25157/jig.v5i2.3310>
- Rahardja, B. V., Rolando, B., Chondro, J., & Laurensia, M. (2025). MENDORONG PERTUMBUHAN E-COMMERCE: PENGARUH PEMASARAN MEDIA SOSIAL TERHADAP KINERJA PENJUALAN. *JUMDER: Jurnal Bisnis Digital Dan Ekonomi Kreatif*, 1(1), 45–61.
- Rahman, S., Fadhilah, A., & Sunaryo, Y. (2024). Analisis Kinerja Rantai Pasok Komoditas Ternak dan Daging Sapi. *Jurnal Kinerja Rantai Pasok*, 8(1), 56-72. <https://doi.org/10.37637/ab.v6i3.1475>
- Rolando, B. (2023). THE ROLE OF E-COMMERCE IN DRIVING THE DIGITAL ECONOMY: AN ANALYSIS OF MARKETING STRATEGIES AND THEIR INFLUENCE. *JISS (Journal of Interconnected Social Science)*, 2(1), 11–24.
- Rolando, B. (2024a). PRICING STRATEGIES AND THEIR EFFECTS ON ONLINE PURCHASING BEHAVIOR: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *International Journal of Economics And Business Studies*, 1(2), 24–36.

PENGARUH IMPLEMENTASI BLOCKCHAIN TERHADAP EFISIENSI RANTAI PASOK: STUDI KUANTITATIF PADA INDUSTRI LOGistik

Rolando

- Rolando, B. (2024b). TECHNOLOGY USE IN RETAIL MANAGEMENT: A SYSTEMATIC REVIEW. *AIRA (Artificial Intelligence Research and Applied Learning)*, 3(1), 54–72.
- Rolando, B. (2024c). THE ALLURE OF VIRAL MAS BATIK ON TIKTOK: HOW A LIVE HOST'S CHARM ACCELERATES SALES GROWTH. *JISS (Journal of Interconnected Social Science)*, 3(1), 39–59.
- Rolando, B. (2024d). THE ROLE OF SOCIAL MEDIA TRENDS IN SHAPING CONSUMER BEHAVIOR AND INCREASING ONLINE SHOP SALES: A LITERATURE REVIEW. *International Journal of Economics And Business Studies*, 1(2), 1–13.
- Rolando, B. (2025a). CONTENT MARKETING STRATEGY OF SHOPEE ON SOCIAL MEDIA: AN ANALYSIS OF BRAND AWARENESS ENHANCEMENT. *International Journal of Economics And Business Studies*, 2(2), 54–66.
- Rolando, B. (2025b). HOW TIKTOK SHAPES AND INFLUENCES MODERN CONSUMER SHOPPING PATTERNS. *ABDIMAS (Aksi Bakti Dan DediKasi Ilmiah Untuk Masyarakat)*, 1(1), 29–43.
- Rolando, B. (2025c). RETAIL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON RISK, SUSTAINABILITY, AND DIGITAL INTEGRATION. *LOGIS (Logistics, Operations and Global Integration Studies)*, 1(1), 1–13.
- Rolando, B. (2025d). THE EFFECT OF SERVICE QUALITY AND PRICE ON CUSTOMER LOYALTY IN ONLINE CULINARY BUSINESSES. *International Journal of Economics And Business Studies*, 2(1), 14–32.
- Rolando, B. (2025e). THE RISE OF THE INFLUENCER ECONOMY: CONTENT CREATORS OVERTAKING TRADITIONAL MEDIA IN SHAPING PUBLIC OPINION. *JISS (Journal of Interconnected Social Science)*, 4(1), 30–42.
- Rolando, B. (2025f). THE ROLE OF BRAND AMBASSADORS IN SHAPING BRAND AWARENESS ON DIGITAL PLATFORMS. *International Journal of Economics And Business Studies*, 2(2), 28–42.
- Rolando, B. (2025g). ZOOM OR ROOM? A SYSTEMATIC REVIEW ON THE EFFECTIVENESS OF ONLINE VERSUS OFFLINE LEARNING. *EXGEN: Edukasi Untuk Ekselansi Generasi Mendatang*, 1(1), 1–18.
- Rolando, B., & Chondro, J. (2025). THE INFLUENCE OF CUSTOMER REVIEWS ON TRUST AND ONLINE PURCHASE DECISIONS: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *International Journal of Economics And Business Studies*, 2(1), 33–59.
- Setiawan, B. L. T., & Rolando, B. (2025). MANAGING RETAIL SUPPLY CHAINS: A LITERATURE-BASED REVIEW ON RISK FACTORS, SUSTAINABLE PRACTICES, AND DIGITAL TRANSFORMATION. *LOGIS (Logistics, Operations and Global Integration Studies)*, 1(1), 49–59.
- Widowati, T., Sari, M., & Darmawan, Y. (2023). Digitalisasi Rantai Pasok Terhadap Kinerja Perusahaan Yang Dimediasi Integrasi Internal. *Jurnal Teknologi dan Inovasi Bisnis*, 11(1), 124–137. <https://doi.org/10.25181/jig.v5i2.3310>
- Wigayha, C. K., & Rolando, B. (2024). THE ECONOMIC AND CULTURAL IMPACT OF SPORTS IN MODERN SOCIETY: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *International Journal of Economics And Business Studies*, 1(2), 14–23.
- Wigayha, C. K., & Rolando, B. (2025). DIGITAL CREATORS AS MODERN MARKETERS: EXPLORING THE PROSPECTS AND HURDLES IN THE ONLINE ECONOMY. *ABDIMAS (Aksi Bakti Dan DediKasi Ilmiah Untuk Masyarakat)*, 1(1), 15–28.
- Wigayha, C. K., Rolando, B., & Wijaya, A. J. (2025a). A DEMOGRAPHIC ANALYSIS OF CONSUMER BEHAVIORAL PATTERNS ON DIGITAL E-COMMERCE PLATFORMS. *JUMDER: Jurnal Bisnis Digital Dan Ekonomi Kreatif*, 1(2), 22–37.
- Wigayha, C. K., Rolando, B., & Wijaya, A. J. (2025b). PELUANG BISNIS DALAM INDUSTRI HIJAU DAN ENERGI TERBARUKAN. *JUMDER: Jurnal Bisnis Digital Dan Ekonomi Kreatif*, 1(1), 62–79.
- Winata, V., & Rolando, B. (2025). HOW SERVICE EXPERIENCE SHAPES CUSTOMER LOYALTY IN MODERN RETAIL: AN ANALYSIS OF THE LITERATURE. *LOGIS (Logistics, Operations and Global Integration Studies)*, 1(1), 24–36.
- Zahran, A. M., & Rolando, B. (2025). UNDERSTANDING THE INFLUENCE OF ONLINE REVIEWS ON BRAND REPUTATION IN THE DIGITAL AGE. *International Journal of Economics And Business Studies*, 2(1), 72–94.