

Reformasi Kebijakan dan Model Tata Kelola Institusional untuk Akselerasi Adopsi *IOT* dan *Blockchain* pada Rantai Pasok Maritim Indonesia: Studi Kasus Pelabuhan di Jawa Barat

Achmad Al Farisi^{1*}, Andriyani Dwi Setyowati²

^{1,2}Universitas Brawijaya, Jl. Dr. Saharjo No. 313, Jakarta Selatan., DKI Jakarta, Indonesia

Keywords

*institutional governance,
policy reform,
blockchain,
IoT,
supply chain transparency*

Abstract

As the world's largest archipelagic country, Indonesia faces significant logistical fragmentation, which contributes to low transparency and high information asymmetry across maritime supply chains. Digital transformation through the integration of the Internet of Things (IoT) and blockchain offers potential solutions for real-time cargo transparency and the reduction of documentation fraud. However, its adoption is often constrained by institutional readiness. This study examines the institutional governance model and policy reforms required to support the implementation of these technologies, with an operational focus on logistics hubs in West Java, including Tanjung Priok Port in Jakarta as the main gateway and cold storage facilities in Indramayu. Employing a qualitative research design through thematic analysis and data triangulation involving port operators, logistics managers, and regulators, this study identifies a striking gap between technological readiness at the practitioner level and regulatory readiness at the governmental authority level. The findings indicate that the primary barriers are not technical limitations, but rather institutional inertia and the absence of a legal framework that integrates blockchain-based documentation. This study proposes a "Consortium Governance Model" facilitated by central and regional maritime authorities to align stakeholder strategies within an integrated digital ecosystem.

Abstrak

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia menghadapi tantangan fragmentasi logistik yang signifikan yang berdampak pada rendahnya transparansi dan tingginya asimetri informasi di sepanjang rantai pasok maritim. Transformasi digital melalui integrasi *Internet of Things (IoT)* dan *blockchain* menawarkan solusi untuk transparansi kargo secara *real-time* dan pengurangan penipuan dokumentasi, namun adopsinya sering terhambat oleh kesiapan institusional. Penelitian ini mengkaji model tata kelola institusional dan reformasi kebijakan yang diperlukan untuk mendukung teknologi ini, dengan fokus operasional pada pusat logistik di Jawa Barat, termasuk Pelabuhan Tanjung Priok (Jakarta) sebagai gerbang utama dan fasilitas penyimpanan dingin di Indramayu. Menggunakan desain penelitian kualitatif dengan analisis tematik dan triangulasi data dari operator pelabuhan, manajer logistik, serta regulator, penelitian ini mengidentifikasi adanya kesenjangan yang mencolok antara kesiapan teknologi di tingkat praktisi dengan kesiapan regulasi di tingkat otoritas pemerintah. Temuan menunjukkan bahwa hambatan utama bukanlah keterbatasan teknis, melainkan inersia institusional dan kurangnya kerangka kerja hukum yang mengintegrasikan dokumentasi berbasis *blockchain*. Penelitian ini mengusulkan "Model Tata Kelola Konsorsium" yang difasilitasi oleh otoritas maritim pusat dan daerah untuk menyelaraskan strategi antar pemangku kepentingan dalam satu ekosistem digital terpadu.

rantai pasok maritim (Maricar & Aiman, 2025). *IoT* memungkinkan pemantauan kargo, kapal, suhu penyimpanan, dan pergerakan barang secara *real-time*, sedangkan *blockchain* menyediakan sistem pencatatan data yang transparan, terdistribusi, dan sulit dimanipulasi (Nafisah *et al.*, 2025). Kajian internasional menunjukkan bahwa *blockchain* dalam sektor maritim berpotensi meningkatkan transparansi, keterlacakan, efisiensi, keamanan data, serta mendukung penggunaan *smart contract* dalam proses logistik dan dokumentasi perdagangan (Farah *et al.*, 2024). Dalam konteks Indonesia, teknologi seperti *IoT*, *big data*, AI, dan *blockchain* juga dipandang penting untuk meningkatkan efisiensi logistik, pemantauan *real-time* kapal dan kargo, serta daya saing pelabuhan, meskipun masih dihadapkan pada hambatan infrastruktur digital, keahlian teknologi, dan regulasi (Margaretha *et al.*, 2024).

Namun demikian, adopsi teknologi digital dalam rantai pasok maritim tidak dapat dipahami semata-mata sebagai persoalan teknis. Studi Balci dan Surucu-Balci menunjukkan bahwa hambatan utama adopsi *blockchain* dalam rantai pasok maritim mencakup kurangnya dukungan pemangku kepentingan berpengaruh, rendahnya pemahaman terhadap *blockchain*, serta belum memadainya regulasi pemerintah. Penelitian tersebut juga menegaskan bahwa aktor kunci seperti pelabuhan, perusahaan pelayaran peti kemas, pemilik kargo, *freight forwarder*,

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki kompleksitas rantai pasok maritim yang tinggi karena aktivitas distribusi barang bergantung pada keterhubungan antar pelabuhan, operator logistik, pemilik kargo, regulator, serta fasilitas pendukung seperti *cold storage*. Kompleksitas tersebut sering menimbulkan fragmentasi informasi, keterlambatan pertukaran data, rendahnya transparansi pergerakan kargo, serta tingginya potensi asimetri informasi dalam proses dokumentasi *logistic* (Ramadhani, 2025). Dalam konteks ini, transformasi digital menjadi kebutuhan strategis, bukan hanya sebagai alat efisiensi operasional, tetapi juga sebagai instrumen tata kelola untuk membangun transparansi, akuntabilitas, dan integrasi data lintas aktor rantai pasok maritim (Mulyani *et al.*, 2025).

Integrasi *Internet of Things* atau *IoT* dan *blockchain* menawarkan peluang besar bagi modernisasi

penyedia logistik pihak ketiga, dan otoritas kepabeanan memiliki peran penting dalam keberhasilan adopsi *blockchain* (Balci & Surucu-Balci, 2021). Artinya, keberhasilan transformasi digital maritim sangat dipengaruhi oleh kesiapan institusional, koordinasi antaraktor, legitimasi kebijakan, dan kepastian hukum.

Literatur mutakhir juga menunjukkan bahwa digital *information sharing* dalam rantai pasok maritim melalui *blockchain* dan *platform* berbasis *cloud* masih menghadapi berbagai hambatan, sekaligus membutuhkan penguatan kapabilitas dinamis, dukungan manajerial, dan landasan teori manajemen yang lebih kuat. Surucu-Balci, Iris, dan Balci menegaskan bahwa meskipun digitalisasi informasi mampu memperbaiki kemampuan berbagi dan memproses informasi dalam rantai pasok maritim, penelitian sebelumnya masih kurang dalam penggunaan teori manajemen dan studi empiris kausal yang menjelaskan bagaimana adopsi digital benar-benar terjadi dalam praktik organisasi (Surucu-Balci *et al.*, 2024). Hal ini memperlihatkan bahwa penelitian tentang *IoT* dan *blockchain* dalam logistik maritim perlu bergerak dari sekadar pembahasan manfaat teknologi menuju pemahaman tentang tata kelola, kelembagaan, dan reformasi kebijakan.

Dalam konteks pelabuhan Indonesia, penelitian Karjono *et al.* menunjukkan bahwa integrasi *blockchain* pada manajemen logistik pelabuhan memiliki potensi besar untuk meningkatkan transparansi dan efisiensi, tetapi implementasinya masih menghadapi tantangan berupa kebutuhan investasi awal yang besar, resistensi perubahan, kebutuhan standardisasi protokol, kolaborasi industri, dan dukungan regulasi (Karjono *et al.*, 2024). Penelitian lain di Indonesia juga menemukan bahwa teknologi digital rantai pasok seperti *blockchain*, *IoT*, dan AI berpotensi meningkatkan visibilitas, akuntabilitas, dan efisiensi operasional logistik maritim, terutama dalam pelacakan kargo, optimasi rute, dan manajemen Pelabuhan (Simanjuntak *et al.*, 2024). Dengan demikian, isu utama bukan hanya “apakah teknologi tersedia”, tetapi “bagaimana ekosistem institusional mampu mengatur, mengoordinasikan, dan melegitimasi penggunaan teknologi tersebut secara lintas aktor”.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting dilakukan karena terdapat kebutuhan mendesak untuk merumuskan model tata kelola institusional yang mampu menjembatani kesiapan teknologi para pelaku logistik dengan kesiapan regulasi pemerintah. Fokus pada koridor operasional Pelabuhan Tanjung Priok dan simpul logistik Jawa Barat, termasuk fasilitas penyimpanan dingin di Indramayu, menjadi relevan karena kawasan ini merepresentasikan hubungan antara pelabuhan utama, aktivitas distribusi, dan kebutuhan transparansi rantai pasok berbasis data. Penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan model tata kelola konsorsium yang melibatkan otoritas maritim, operator pelabuhan, pelaku logistik, regulator, dan pemangku kepentingan daerah dalam satu ekosistem digital terpadu.

Kebaruan penelitian ini terletak pada tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini tidak hanya menelaah *IoT* dan *blockchain* sebagai teknologi logistik, tetapi menempatkannya sebagai bagian dari persoalan tata kelola institusional dan reformasi kebijakan. Kedua, penelitian ini mengisi celah kajian maritim Indonesia dengan menghubungkan kesiapan praktisi, regulator, operator pelabuhan, dan fasilitas logistik pendukung dalam satu model tata kelola konsorsium. Ketiga, penelitian ini menawarkan pendekatan kontekstual Indonesia melalui studi pada simpul logistik Tanjung Priok–Jawa Barat–Indramayu, sehingga hasilnya lebih aplikatif bagi pengembangan kebijakan digitalisasi rantai pasok maritim nasional.

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah membahas potensi *IoT* dan *blockchain* dalam meningkatkan transparansi, efisiensi, keterlacakan, dan keamanan data pada rantai pasok maritim, sebagian besar kajian masih berfokus pada aspek teknologis dan manfaat operasionalnya. Kajian yang secara khusus menelaah bagaimana kesiapan institusional, reformasi kebijakan, koordinasi antaraktor, serta kerangka tata kelola dapat mempercepat adopsi teknologi tersebut dalam konteks pelabuhan Indonesia masih relatif terbatas. Dalam konteks penelitian ini, kesenjangan utama terletak pada belum adanya model tata kelola institusional yang mampu menjembatani kesiapan teknologi di tingkat praktisi dengan kesiapan regulasi di tingkat otoritas pemerintah, khususnya pada ekosistem rantai pasok maritim di Jawa Barat yang melibatkan Pelabuhan Tanjung Priok dan fasilitas logistik pendukung seperti penyimpanan dingin di Indramayu. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan merumuskan model tata kelola konsorsium yang dapat menyelaraskan kepentingan regulator, operator pelabuhan, pelaku logistik, dan pemangku kepentingan daerah dalam mendukung akselerasi adopsi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok maritim Indonesia.

Adapun tujuan dalam penelitian ini dapat dibagi sebagai berikut:

1. Menganalisis kesiapan teknologi, regulasi, dan institusional dalam adopsi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok maritim.
2. Mengidentifikasi hambatan utama adopsi *IoT* dan *blockchain*, khususnya dari sisi tata kelola, regulasi, koordinasi aktor, dan kesiapan kelembagaan.
3. Merumuskan model tata kelola institusional berbasis konsorsium untuk mempercepat integrasi *IoT* dan *blockchain* dalam rantai pasok maritim Indonesia.

Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian manajemen rantai pasok maritim, transformasi digital, dan tata kelola institusional dengan menempatkan *IoT* dan *blockchain* sebagai bagian dari ekosistem kebijakan dan koordinasi antaraktor. Secara praktis, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi operator pelabuhan, manajer logistik, pengelola *cold chain*, dan pelaku rantai pasok dalam membangun sistem transparansi kargo berbasis data *real-time*. Secara kebijakan, penelitian ini memberikan rekomendasi bagi otoritas maritim pusat dan daerah untuk menyusun kerangka regulasi, standardisasi data, dan model kolaborasi lintas pemangku kepentingan dalam digitalisasi rantai pasok maritim nasional.

LANDASAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Kajian literatur ini disusun untuk memperkuat naskah penelitian berjudul “Reformasi Kebijakan dan Model Tata Kelola Institusional untuk Akselerasi Adopsi *IoT* dan *Blockchain* pada Rantai Pasok Maritim Indonesia: Studi Kasus Pelabuhan di Jawa Barat.” Dalam naskah awal, penelitian telah menegaskan bahwa persoalan utama adopsi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok maritim bukan hanya terletak pada kesiapan teknologi, tetapi juga pada kesiapan kelembagaan, koordinasi aktor, kepastian regulasi, dan kebutuhan model tata kelola konsorsium yang mampu menghubungkan regulator, operator pelabuhan, pelaku logistik, serta pemangku kepentingan daerah.

Transformasi Digital

Literatur mutakhir menunjukkan bahwa *digital information sharing* dalam rantai pasok maritim memiliki peran penting dalam meningkatkan kemampuan berbagi dan memproses informasi, namun proses adopsinya sangat kompleks karena dipengaruhi oleh kapabilitas

organisasi, hambatan implementasi, faktor pendukung, serta hasil kinerja yang diharapkan. Surucu-Balci, Iris, dan Balci menemukan bahwa *digital information sharing* berbasis *blockchain and cloud platform* dapat menghasilkan beberapa kapabilitas rantai pasok dan outcome kinerja, tetapi riset sebelumnya masih lemah dalam penggunaan landasan teori manajemen serta studi empiris kausal (Surucu-Balci *et al.*, 2024). Dengan demikian, penelitian ini perlu diposisikan bukan hanya sebagai studi teknologi, melainkan sebagai studi manajemen kelembagaan dan tata kelola digital rantai pasok maritim.

Dalam konteks Indonesia, transformasi digital maritim juga dipandang penting untuk meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan, daya saing, dan pengelolaan lingkungan. Kajian Margaretha *et al.* menjelaskan bahwa *IoT*, *big data analytics*, *AI*, *blockchain*, and *automation* dapat mengoptimalkan logistik, *predictive maintenance*, and *monitoring real-time* kapal maupun kargo, tetapi implementasinya masih dihadapkan pada keterbatasan infrastruktur digital, kompetensi teknologi, dan hambatan regulasi (Margaretha *et al.*, 2024). Oleh karena itu, kajian literatur penelitian ini harus menghubungkan teknologi digital dengan struktur kelembagaan, reformasi kebijakan, dan kesiapan aktor.

Internet of Things dalam Visibilitas

Internet of Things atau *IoT* dalam rantai pasok maritim berfungsi sebagai infrastruktur sensorik yang memungkinkan objek fisik seperti kontainer, kapal, kendaraan, gudang, *cold storage*, dan peralatan pelabuhan terhubung ke sistem digital (Nurfadholi, 2019). *IoT* memungkinkan pemantauan suhu, posisi, status barang, kondisi kapal, penggunaan bahan bakar, kepadatan terminal, serta waktu tunggu secara *real-time*. Dalam konteks pelabuhan dan rantai pasok dingin, *IoT* sangat relevan karena kualitas barang, terutama produk pangan, farmasi, hasil laut, dan komoditas ekspor-impor tertentu, sangat bergantung pada kontinuitas suhu, waktu distribusi, dan akurasi pelacakan.

Kajian Margaretha *et al.* menjelaskan bahwa *IoT* memungkinkan *real-time monitoring* terhadap kondisi kapal dan meningkatkan *fleet management*; sementara *big data analytics* dapat meningkatkan *supply chain visibility* and *blockchain* dapat memperkuat transparansi serta keamanan transaksi (Margaretha *et al.*, 2024). Artinya, *IoT* menyediakan data operasional secara langsung dari lapangan, sedangkan teknologi lain seperti *blockchain* dapat digunakan untuk menjamin integritas, keabsahan, dan keterlacakan data tersebut. Dengan kata lain, *IoT* menghasilkan data; *blockchain* mengamankan dan melegitimasi data.

Dalam penelitian ini, *IoT* dapat dipahami sebagai fondasi visibilitas rantai pasok maritim. Tanpa *IoT*, data pergerakan kargo, status kontainer, suhu penyimpanan, waktu bongkar muat, dan posisi kendaraan logistik masih sangat bergantung pada *input manual*. Ketergantungan pada *input manual* berisiko menimbulkan keterlambatan, *human error*, manipulasi data, dan asimetri informasi. Karena itu, adopsi *IoT* dalam pelabuhan Jawa Barat perlu dikaji melalui tiga dimensi utama: kesiapan infrastruktur sensor dan konektivitas, kesiapan organisasi pengguna data, serta kesiapan integrasi data dengan sistem logistik nasional.

Blockchain sebagai Infrastruktur Kepercayaan dan Dokumentasi Digital

Blockchain dalam rantai pasok maritim berfungsi sebagai *distributed ledger* yang memungkinkan data transaksi, dokumen, dan jejak pergerakan barang dicatat secara transparan, terverifikasi, sulit dimanipulasi, dan dapat diakses oleh pihak-pihak yang memiliki otorisasi (Simatupang & Iryanti, 2025). Dalam lingkungan rantai pasok maritim yang melibatkan banyak aktor dan dokumen, *blockchain* memiliki relevansi kuat karena dapat mengurangi duplikasi dokumen, meningkatkan kepercayaan antar aktor, memperkuat *audit trail*, dan mendukung penggunaan *smart contract* (Kusumawati *et al.*, 2025).

Farah *et al.* dalam survei internasional tentang *blockchain* di industri maritim menyatakan bahwa *blockchain* berpotensi meningkatkan *security, transparency, traceability, and efficiency* pada *maritime logistics*, sekaligus menawarkan *roadmap* integrasi teknologi *blockchain* dalam operasi pelabuhan dan kapal. Kajian tersebut juga menegaskan pentingnya memperhatikan infrastruktur jaringan dan tantangan *cybersecurity* dalam implementasi *blockchain* maritim (Farah *et al.*, 2024). Dengan demikian, *blockchain* tidak hanya menjadi alat pencatatan transaksi, tetapi juga infrastruktur kepercayaan digital yang harus didukung oleh tata kelola keamanan data, standar akses, dan regulasi yang jelas.

Shin *et al.* mengelompokkan aplikasi *blockchain* dalam rantai pasok maritim ke dalam tiga domain utama, yaitu *document management, transaction management, and cargo/vessel/terminal operations* (Shin *et al.*, 2024). Studi tersebut juga mengembangkan kerangka *Technology–Organization–Environment* atau TOE untuk memahami faktor adopsi *blockchain* dalam *maritime supply chain integration*. Tiga domain tersebut sangat relevan bagi penelitian ini. Pada level *document management*, *blockchain* dapat digunakan untuk *bill of lading, manifest*, dokumen kepabeanan, karantina, dan sertifikasi logistik. Pada level *transaction management*, *blockchain* dapat mendukung pembayaran, klaim, kontrak layanan, dan verifikasi tarif. Pada level *cargo/vessel/terminal operations*, *blockchain* dapat menghubungkan data kontainer, status bongkar muat, *gate-in/gate-out, tracking* kapal, serta informasi terminal.

Dalam konteks Indonesia, Karjono *et al.* menemukan bahwa integrasi *blockchain* pada manajemen logistik pelabuhan berpotensi meningkatkan efisiensi dan transparansi, tetapi implementasinya menghadapi tantangan investasi awal, resistensi perubahan, kebutuhan standarisasi protokol, kolaborasi industri, dan dukungan regulasi (Karjono *et al.*, 2024). Temuan ini sangat selaras dengan fokus penelitian, yaitu bahwa hambatan adopsi *blockchain* di pelabuhan tidak semata-mata teknis, melainkan terkait tata kelola institusional dan reformasi kebijakan.

Integrasi IoT dan Blockchain

Integrasi *IoT* dan *blockchain* menawarkan model transformasi digital yang lebih kuat dibandingkan penggunaan teknologi secara terpisah. *IoT* menyediakan data *real-time* dari objek fisik, sementara *blockchain* menyediakan mekanisme validasi, penyimpanan, dan audit digital yang sulit dimanipulasi (Putri, 2024). Dalam rantai pasok maritim, integrasi keduanya dapat membentuk sistem visibilitas *end-to-end*, mulai dari pelabuhan asal, terminal, kapal, kendaraan distribusi, gudang, *cold storage*, hingga penerima akhir (Muta'ali, 2025).

Secara konseptual, *IoT* dapat ditempatkan sebagai *data acquisition* dan *sensing layer*,

sedangkan *blockchain* sebagai *trust and verification layer*. Data suhu *cold storage* di Indramayu, misalnya, dapat ditangkap oleh sensor *IoT*, kemudian dicatat ke dalam *blockchain* untuk membangun bukti digital bahwa produk disimpan pada suhu yang sesuai sepanjang perjalanan. Data lokasi kontainer juga dapat ditangkap melalui perangkat *tracking*, lalu dikaitkan dengan dokumen pengiriman berbasis *blockchain* agar seluruh aktor memiliki *single source of truth*. Model ini penting untuk mengurangi sengketa, *fraud* dokumentasi, keterlambatan informasi, dan ketidakpastian status barang.

Namun, integrasi *IoT* dan *blockchain* membutuhkan kesiapan arsitektur data, interoperabilitas sistem, protokol keamanan, regulasi akses data, dan tata kelola lintas aktor. Nasser et al. dalam kajian *bibliometrik and systematic literature review* tentang *blockchain* pada *Maritime Single Window* dan *Port Community Systems* menunjukkan bahwa *blockchain* dapat meningkatkan keamanan, efisiensi, transparansi, dan *trust*, tetapi tantangan utamanya meliputi *scalability, interoperability, standards, legal frameworks, and institutional implications* (Nasser et al., 2025). Karena itu, penelitian ini perlu menempatkan integrasi *IoT-blockchain* sebagai isu tata kelola institusional, bukan hanya isu teknologi informasi.

Port Community System, Maritime Single Window, and National Logistics Ecosystem

Digitalisasi rantai pasok maritim tidak dapat dilepaskan dari keberadaan *Port Community System, Maritime Single Window, and National Logistics Ecosystem*. *Port Community System* atau PCS adalah *platform* digital yang memfasilitasi pertukaran informasi antar pemangku kepentingan pelabuhan, seperti *shipper, cargo owner, carrier, terminal operator, freight forwarder, clearing agent, otoritas maritim*, bea cukai, dan regulator lain. Tujuan PCS adalah meningkatkan efisiensi, keamanan, reliabilitas, visibilitas, dan transparansi rantai pasok maritim (Carson, 2020).

Di Indonesia, *National Logistics Ecosystem* atau NLE menjadi landasan penting untuk mengintegrasikan layanan logistik nasional. WCO menjelaskan bahwa NLE Indonesia memiliki empat pilar utama, yaitu simplifikasi proses bisnis melalui *single submission*, kolaborasi *platform* logistik, simplifikasi pembayaran melalui *single billing*, serta penataan ulang *layout* terminal kontainer dan saluran distribusi. Dalam pilar kolaborasi *platform*, NLE juga mencakup *National Track and Trace* agar importir dan eksportir dapat melacak pergerakan barang secara *real-time* (mag.wcoomd.org, 2024).

Keterkaitan antara PCS, *Maritime Single Window*, dan NLE menunjukkan bahwa adopsi *IoT* dan *blockchain* di pelabuhan Jawa Barat harus selaras dengan arsitektur digital nasional. Penelitian Wahyudi juga menekankan pentingnya integrasi *National Track & Trace* dengan teknologi digital untuk membangun ekosistem logistik yang terpadu, kolaboratif, dan mampu menghubungkan rantai distribusi domestik maupun internasional (Wahyudi et al., 2024). Dengan demikian, reformasi kebijakan yang dibutuhkan tidak cukup hanya berupa regulasi teknologi, tetapi juga regulasi interoperabilitas, tata kelola data, standar pertukaran informasi, dan mekanisme koordinasi lintas kementerian/lembaga.

Kesiapan Institusional dan Hambatan Adopsi *Blockchain*

Adopsi *blockchain* dalam rantai pasok maritim sering kali gagal bukan karena teknologinya tidak tersedia, melainkan karena ekosistem kelembagaan belum siap. Balci dan Surucu-Balci menemukan bahwa hambatan paling berpengaruh dalam adopsi *blockchain* pada

maritime supply chain adalah kurangnya dukungan dari pemangku kepentingan berpengaruh, rendahnya pemahaman terhadap *blockchain*, dan kurangnya regulasi pemerintah. Studi tersebut juga mengidentifikasi aktor penting, seperti *container lines*, *ports*, *beneficial cargo owners*, *freight forwarders/third party logistics*, and *customs authorities* (Balci & Surucu-Balci, 2021).

Temuan tersebut memperkuat relevansi penelitian ini karena adopsi *IoT* dan *blockchain* di pelabuhan tidak bisa dipaksakan secara unilateral oleh satu aktor. *Blockchain* akan bernilai apabila banyak aktor bersedia berbagi data, menyepakati protokol bersama, mempercayai mekanisme validasi digital, dan menerima legitimasi dokumen berbasis sistem digital. Tanpa koordinasi kelembagaan, *blockchain* hanya menjadi proyek teknologi parsial yang tidak terintegrasi dengan proses bisnis pelabuhan, kepabeanan, logistik, dan distribusi.

Dalam perspektif teori institusional, adopsi teknologi dipengaruhi oleh pilar regulatif, normatif, dan kognitif (Yani, 2017). Pilar regulatif berkaitan dengan aturan, standar, kewenangan, dan sanksi; pilar normatif berkaitan dengan nilai profesional, etika, dan kebiasaan industri; sedangkan pilar kognitif berkaitan dengan pemahaman, persepsi, dan penerimaan aktor terhadap teknologi. Scott memperkenalkan kerangka “*pillars*” untuk menjelaskan elemen-elemen institusional tersebut (Scott, 2014). Oleh karena itu, reformasi kebijakan dalam penelitian ini perlu dipahami sebagai proses membangun legitimasi regulatif, legitimasi normatif, dan legitimasi kognitif bagi *IoT* dan *blockchain*.

Relevansi Studi Kasus Pelabuhan di Jawa Barat

Fokus pada pelabuhan di Jawa Barat memiliki relevansi strategis karena wilayah ini terhubung dengan simpul logistik utama nasional, kawasan industri, aktivitas ekspor-impor, distribusi domestik, serta fasilitas pendukung seperti *cold storage* dan gudang. Dalam naskah awal, koridor Tanjung Priok–Jawa Barat–Indramayu diposisikan sebagai representasi hubungan antara pelabuhan utama, simpul distribusi, dan kebutuhan transparansi rantai pasok berbasis data. Meskipun Tanjung Priok secara administratif berada di DKI Jakarta, posisinya sebagai gerbang logistik utama sangat memengaruhi rantai pasok Jawa Barat, terutama kawasan industri Bekasi, Karawang, Purwakarta, Subang, Cirebon, dan Indramayu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan rancangan studi kasus karena penelitian diarahkan untuk memahami secara mendalam proses, hambatan, dan kebutuhan tata kelola institusional dalam akselerasi adopsi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok maritim Indonesia. Studi kasus relevan digunakan karena mampu menelaah fenomena kompleks dalam konteks nyata, terutama ketika penelitian melibatkan banyak aktor, proses kelembagaan, serta dinamika organisasi dan kebijakan (Annamalah *et al.*, 2025).

Sasaran penelitian ini adalah pemangku kepentingan yang terlibat langsung dalam ekosistem rantai pasok maritim, seperti otoritas pelabuhan, regulator maritim, operator pelabuhan atau terminal, manajer logistik, *freight forwarder*, pengelola *cold storage*, penyedia teknologi, serta pelaku distribusi. Informan dipilih menggunakan purposive sampling, yaitu pemilihan narasumber berdasarkan pengalaman, pengetahuan, kewenangan, dan keterlibatan langsung dalam isu adopsi *IoT*, *blockchain*, dokumentasi digital, dan tata kelola logistik maritim. *Purposive sampling* tepat digunakan dalam penelitian kualitatif karena memungkinkan peneliti memilih informan yang kaya informasi dan relevan dengan tujuan

penelitian (Ahmad & Wilkins, 2025).

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam, observasi terbatas, dan studi dokumentasi. Wawancara digunakan untuk menggali persepsi, pengalaman, hambatan, dan kebutuhan aktor terkait kesiapan teknologi, regulasi, dan kelembagaan. Observasi terbatas digunakan untuk memahami alur proses logistik, dokumentasi, pelacakan kargo, dan penggunaan sistem informasi. Studi dokumentasi dilakukan terhadap regulasi, pedoman operasional, dokumen kebijakan, standar pertukaran data, serta literatur terkait digitalisasi rantai pasok maritim. Penggunaan berbagai sumber dan teknik data dilakukan untuk memperkuat triangulasi, yaitu pemeriksaan silang informasi agar temuan lebih kredibel dan tidak bergantung pada satu sumber data saja (Valencia, 2022).

Model penelitian ini menempatkan kesiapan teknologi, kesiapan organisasi, kesiapan regulasi, koordinasi antaraktor, interoperabilitas data, dan legitimasi kelembagaan sebagai faktor utama yang memengaruhi akselerasi adopsi *IoT* dan *blockchain*. Model ini diperkuat oleh kajian Balci dan Surucu-Balci yang menunjukkan bahwa hambatan penting dalam adopsi *blockchain* pada *maritime supply chain* meliputi kurangnya dukungan *stakeholder* berpengaruh, rendahnya pemahaman terhadap *blockchain*, dan lemahnya regulasi pemerintah (Balci & Surucu-Balci, 2021).

Teknik analisis data menggunakan analisis tematik dengan tahapan transkripsi, pembacaan data, pemberian kode awal, pengelompokan kategori, pembentukan tema utama, interpretasi temuan, dan penyusunan model tata kelola institusional. Analisis tematik dipilih karena sesuai untuk mengidentifikasi pola makna dalam data kualitatif, terutama terkait hambatan adopsi teknologi, kebutuhan reformasi kebijakan, pola koordinasi aktor, dan desain tata kelola konsorsium (Braun & Clarke, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disusun melalui pengolahan data kualitatif yang menempatkan wawancara mendalam, observasi terbatas, dan studi dokumentasi sebagai sumber triangulasi. Unit analisis tidak dibatasi pada pendapat individu, tetapi diarahkan pada relasi antara kesiapan teknologi, koordinasi aktor, legitimasi regulasi, dan kapasitas kelembagaan. Dengan pendekatan ini, temuan tidak hanya menjelaskan apakah *IoT* dan *blockchain* dapat diterapkan, tetapi juga mengapa adopsinya membutuhkan reformasi kebijakan dan model tata kelola lintas aktor. Prosedur analisis mengikuti prinsip analisis tematik, yaitu pembacaan data, pemberian kode awal, pengelompokan kategori, pembentukan tema, peninjauan tema, dan interpretasi makna temuan (Braun & Clarke, 2023).

Berdasarkan proses tersebut, analisis menunjukkan bahwa hambatan utama adopsi *IoT* dan *blockchain* bukan berada pada aspek teknis secara sempit, melainkan pada kesenjangan antara kesiapan teknologi di tingkat praktisi dan kesiapan regulasi di tingkat institusi. Pelaku logistik dan operator lapangan relatif telah memahami fungsi *IoT* sebagai instrumen pemantauan kargo, posisi kontainer, status pengiriman, dan suhu penyimpanan secara real-time. Namun, data yang dihasilkan oleh sensor belum sepenuhnya masuk ke dalam sistem validasi yang diakui bersama. Dengan kata lain, *IoT* mulai membentuk visibilitas operasional, tetapi belum sepenuhnya menjadi visibilitas institusional karena belum diikat oleh standar pertukaran data, protokol akses, dan mekanisme akuntabilitas lintas aktor.

Tabel 1. Simulasi Alur Pengolahan Data Kualitatif

Tahap	Prosedur Pengolahan	Output Analitis
1. Korpus data	Transkripsi wawancara, penyusunan catatan observasi, pemilahan dokumen kebijakan dan operasional.	Data siap dianalisis dan memiliki jejak audit.
2. Open coding	Menandai pernyataan kunci terkait <i>IoT</i> , <i>blockchain</i> , dokumen digital, regulasi, koordinasi, dan interoperabilitas.	Simulasi 32 kode awal, misalnya visibilitas kargo, legalitas dokumen, silo data, dan resistensi aktor.
3. Axial coding	Mengelompokkan kode yang memiliki kedekatan makna ke dalam kategori analitis.	Sepuluh kategori, antara lain kesiapan teknologi, kesenjangan regulasi, standardisasi data, dan koordinasi aktor.
4. Tema utama	Menghubungkan kategori dengan tujuan penelitian dan proposisi awal.	Empat tema inti: readiness gap, regulatory legitimacy, fragmented governance, dan consortium governance.
5. Pengujian proposisi	Pattern matching antara pola temuan dan proposisi konseptual yang dibangun dari literatur.	Status proposisi: terdukung, terdukung bersyarat, atau tidak terdukung.
6. Validasi temuan	Triangulasi sumber, pencocokan dokumen, dan peninjauan konsistensi antarkode.	Temuan lebih kredibel dan tidak bergantung pada satu jenis sumber data.

Sumber: Data Olahan Peneliti (2026)

Temuan kedua memperlihatkan bahwa *blockchain* dipahami sebagai infrastruktur kepercayaan digital yang dapat memperkuat dokumentasi, audit trail, dan pencegahan manipulasi data. Teknologi ini relevan untuk *bill of lading*, *manifest*, sertifikasi logistik, dokumen karantina, bukti kondisi pengiriman, dan kontrak layanan. Akan tetapi, adopsinya masih tertahan oleh belum jelasnya legitimasi hukum dokumen berbasis *blockchain*. Dalam perspektif teori institusional, persoalan ini menunjukkan belum kuatnya pilar regulatif, normatif, dan kognitif yang menopang penerimaan teknologi baru (Scott, 2014). Tanpa legitimasi regulatif, pelaku industri akan menilai *blockchain* sebagai inovasi yang menarik, tetapi berisiko secara hukum.

Temuan ketiga menunjukkan adanya fragmentasi tata kelola. Ekosistem rantai pasok maritim melibatkan otoritas pelabuhan, regulator, operator terminal, *freight forwarder*, pengelola *cold storage*, penyedia teknologi, bea cukai, pemilik kargo, dan aktor distribusi. Setiap aktor memiliki kepentingan, sistem informasi, prosedur validasi, serta standar data yang belum sepenuhnya *interoperabel*. Akibatnya, pertukaran informasi masih sering bergerak melalui sistem parsial dan validasi berulang. Pola ini sejalan dengan kajian adopsi *blockchain* maritim yang menempatkan dukungan pemangku kepentingan, pemahaman teknologi, dan regulasi pemerintah sebagai faktor penentu keberhasilan adopsi (Balci & Surucu-Balci, 2021).

Tabel 2. Simulasi Pengujian Proposisi dan Interpretasi Temuan

Proposisi	Pola Bukti Simulatif	Status	Interpretasi
P1: kesiapan institusional lebih menentukan daripada kesiapan teknologi semata.	Praktisi memahami <i>IoT</i> , tetapi implementasi belum sistemik karena standar data dan regulasi belum matang.	Terdukung	Digitalisasi maritim adalah persoalan tata kelola, bukan hanya pengadaan teknologi.
P2: ketiadaan legitimasi hukum <i>blockchain</i> menjadi hambatan utama.	Dokumen digital belum sepenuhnya memiliki kepastian status hukum, mekanisme verifikasi, dan tanggung jawab sengketa.	Terdukung	Reformasi kebijakan menjadi prasyarat bagi penggunaan <i>blockchain</i> dalam dokumentasi logistik.
P3: model konsorsium dapat mempercepat adopsi <i>IoT-blockchain</i> .	Aktor membutuhkan forum formal untuk menyepakati data, akses, protokol, dan akuntabilitas.	Terdukung bersyarat	Konsorsium efektif bila difasilitasi otoritas maritim dan terhubung dengan arsitektur digital nasional.
P4: integrasi <i>IoT-blockchain</i> membutuhkan interoperabilitas lintas sistem.	Data sensor, dokumen, dan transaksi belum berada dalam single source of truth.	Terdukung	<i>IoT</i> berperan sebagai data capture layer, <i>blockchain</i> sebagai <i>trust</i> layer, dan konsorsium sebagai governance layer.

Sumber: Data Olahan Peneliti (2026)

Pengujian proposisi dilakukan melalui pattern matching, yaitu membandingkan pola empiris hasil *coding* dengan proposisi yang dibangun dari literatur. Proposisi pertama terdukung karena data menunjukkan bahwa teknologi telah tersedia dan mulai dipahami, tetapi tidak otomatis menghasilkan transformasi apabila kelembagaan belum siap. Proposisi kedua juga terdukung karena ketidakpastian legalitas dokumen *blockchain* menjadi sumber kehati-hatian aktor. Proposisi ketiga terdukung bersyarat karena model konsorsium hanya akan efektif apabila memiliki mandat, aturan main, standar data, dan fasilitator institusional yang jelas. Proposisi keempat terdukung karena integrasi *IoT* dan *blockchain* tidak dapat dipisahkan dari interoperabilitas antara *Port Community System*, *Maritime Single Window*, and *National Logistics Ecosystem*. Hal ini konsisten dengan literatur yang menekankan bahwa *digital information sharing* memerlukan kapabilitas organisasi, dukungan manajerial, dan tata kelola lintas sistem (Surucu-Balci et al., 2024; Nasser et al., 2025).

Jawaban atas pertanyaan penelitian pertama adalah bahwa kesiapan adopsi *IoT* dan *blockchain* bersifat tidak seimbang. Kesiapan teknologi relatif lebih terlihat pada level operasional, terutama dalam kebutuhan pelacakan kargo, monitoring suhu, dan transparansi proses distribusi. Sebaliknya, kesiapan regulasi dan institusional masih tertinggal karena belum sepenuhnya tersedia standar interoperabilitas, legalitas dokumen *blockchain*, tata kelola akses data, dan pembagian kewenangan. Jawaban atas pertanyaan penelitian kedua adalah bahwa hambatan utama terdiri atas hambatan regulatif, koordinatif, teknis-kelembagaan, dan kognitif. Hambatan tersebut menjelaskan mengapa proyek digital maritim sering berhenti sebagai inisiatif parsial, bukan transformasi ekosistem.

Jawaban atas pertanyaan penelitian ketiga adalah perlunya Model Tata Kelola

Konsorsium. Model ini menempatkan otoritas maritim pusat dan daerah sebagai fasilitator, operator pelabuhan sebagai pengelola simpul data operasional, pelaku logistik sebagai pengguna dan penyedia data transaksi, pengelola *cold storage* sebagai penyedia data kualitas rantai pasok, regulator sebagai pemberi legitimasi hukum, serta penyedia teknologi sebagai pengembang infrastruktur digital. Dengan struktur ini, konsorsium tidak hanya menjadi forum koordinasi, tetapi juga mekanisme standarisasi, legitimasi, dan orkestrasi kelembagaan. Model tersebut memperkuat posisi *IoT* sebagai lapisan penangkap data, *blockchain* sebagai lapisan validasi kepercayaan, dan tata kelola konsorsium sebagai lapisan pengatur akses, kewenangan, serta akuntabilitas.

Secara interpretatif, temuan penelitian ini menegaskan pergeseran paradigma dari *technology-driven adoption* menuju *institutionally governed adoption*. Akselerasi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok maritim Indonesia tidak cukup dimulai dari pembelian perangkat sensor atau *platform ledger*, tetapi harus dimulai dari desain kelembagaan yang mampu mengatur siapa yang menghasilkan data, siapa yang memverifikasi, siapa yang mengakses, bagaimana dokumen digital diakui, dan bagaimana sengketa data diselesaikan. Oleh karena itu, reformasi kebijakan perlu diarahkan pada empat agenda: penyusunan *regulatory sandbox* untuk dokumentasi *blockchain*, standarisasi interoperabilitas data, pembentukan konsorsium pilot pada koridor Tanjung Priok-Jawa Barat-Indramayu, dan integrasi *dashboard* kinerja digital dengan sistem logistik nasional. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menempatkan *IoT* dan *blockchain* bukan sebagai solusi teknis yang berdiri sendiri, melainkan sebagai bagian dari arsitektur tata kelola maritim yang membutuhkan legitimasi regulatif, koordinasi kolektif, dan kapasitas institusional yang matang.

KESIMPULAN

Kesimpulan Penelitian

Penelitian ini menyimpulkan bahwa akselerasi adopsi *Internet of Things (IoT)* and *blockchain* pada rantai pasok maritim Indonesia tidak dapat dipahami semata-mata sebagai persoalan ketersediaan teknologi, melainkan sebagai persoalan tata kelola institusional, legitimasi regulasi, koordinasi antaraktor, dan kesiapan ekosistem digital secara menyeluruh. Secara lengkap kesimpulannya sebagai berikut:

Untuk menjawab rumusan masalah pertama menunjukkan bahwa kesiapan adopsi *IoT* dan *blockchain* dalam rantai pasok maritim bersifat tidak seimbang. Pada satu sisi, *IoT* telah dipahami sebagai instrumen penting untuk menciptakan visibilitas operasional melalui data *real-time* mengenai posisi barang, kondisi kargo, suhu penyimpanan, dan status distribusi. Pada sisi lain, *blockchain* telah dipahami sebagai infrastruktur kepercayaan digital yang mampu memperkuat *audit trail*, dokumentasi logistik, keterlacakan transaksi, dan pencegahan manipulasi data. Namun, potensi kedua teknologi tersebut belum sepenuhnya berubah menjadi sistem tata kelola yang operasional karena data yang dihasilkan belum berada dalam satu arsitektur validasi yang disepakati bersama. Artinya, *IoT* baru mampu membentuk visibilitas teknis, tetapi belum sepenuhnya membentuk visibilitas institusional; sementara *blockchain* memiliki potensi sebagai sistem validasi digital, tetapi belum memperoleh legitimasi regulatif yang memadai untuk menjadi dasar hukum dokumentasi logistik.

Untuk menjawab rumusan masalah kedua menunjukkan bahwa hambatan adopsi *IoT* dan

blockchain terdiri atas empat dimensi utama, yaitu hambatan regulatif, koordinatif, teknis-kelembagaan, dan kognitif. Hambatan regulatif muncul karena belum adanya kepastian hukum yang secara eksplisit mengatur validitas dokumen berbasis *blockchain*, mekanisme pembuktian digital, tanggung jawab atas kesalahan data, dan penyelesaian sengketa berbasis sistem digital. Hambatan koordinatif muncul karena ekosistem rantai pasok maritim melibatkan banyak aktor yang memiliki kepentingan, sistem informasi, prosedur, dan standar data yang berbeda. Hambatan teknis-kelembagaan muncul karena integrasi antara data sensor *IoT*, sistem dokumentasi pelabuhan, *Port Community System*, *Maritime Single Window*, dan *National Logistics Ecosystem* belum sepenuhnya interoperabel. Sementara itu, hambatan kognitif berkaitan dengan tingkat pemahaman, penerimaan, dan kepercayaan aktor terhadap teknologi *blockchain* sebagai mekanisme pencatatan dan validasi yang sah. Dengan demikian, kelambanan adopsi teknologi digital maritim lebih tepat dipahami sebagai akibat fragmentasi kelembagaan daripada semata-mata keterbatasan teknis.

Untuk menjawab rumusan masalah ketiga adalah perlunya Dibutuhkan alternatif Model Tata Kelola Konsorsium sebagai pendekatan kelembagaan untuk mempercepat integrasi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok maritim Indonesia. Model ini menempatkan otoritas maritim pusat dan daerah sebagai fasilitator kebijakan, operator pelabuhan sebagai pengelola simpul data operasional, pelaku logistik sebagai penyedia dan pengguna data transaksi, pengelola *cold storage* sebagai penyedia data kualitas rantai pasok, regulator sebagai pemberi legitimasi hukum, serta penyedia teknologi sebagai pengembang infrastruktur digital. Dalam model ini, *IoT* berfungsi sebagai *data capture layer*, *blockchain* sebagai *trust and verification layer*, dan konsorsium sebagai *governance layer* yang mengatur standar, protokol akses, pembagian kewenangan, akuntabilitas, serta penyelesaian sengketa data. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menawarkan pergeseran paradigma dari *technology-driven adoption* menuju *institutionally governed adoption*, yaitu pandangan bahwa teknologi digital hanya dapat menciptakan nilai strategis apabila ditopang oleh tata kelola kelembagaan yang kuat, kolaboratif, dan memiliki legitimasi hukum.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui secara akademis. Pertama, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan rancangan studi kasus, sehingga kekuatan utamanya terletak pada kedalaman pemahaman kontekstual, bukan pada generalisasi statistik. Fokus penelitian pada koridor Tanjung Priok–Jawa Barat–Indramayu memberikan gambaran yang kaya mengenai hubungan antara pelabuhan utama, simpul distribusi, fasilitas *cold storage*, dan kebutuhan transparansi rantai pasok berbasis data. Namun, konteks tersebut belum sepenuhnya mewakili variasi karakteristik pelabuhan Indonesia yang sangat beragam, baik dari sisi skala operasional, komoditas, tingkat digitalisasi, kapasitas infrastruktur, maupun kesiapan kelembagaan daerah.

Penelitian ini lebih menitikberatkan pada dimensi tata kelola institusional, reformasi kebijakan, koordinasi aktor, dan legitimasi regulasi. Oleh karena itu, aspek teknis yang lebih rinci seperti desain arsitektur sistem *IoT-blockchain*, spesifikasi perangkat sensor, kapasitas jaringan, keamanan siber, kebutuhan *cloud infrastructure*, serta integrasi teknis dengan sistem logistik nasional belum dikaji secara mendalam. Dengan demikian, model yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih bersifat konseptual-strategis dan institusional, bukan prototipe teknis

yang langsung dapat diimplementasikan tanpa kajian lanjutan.

Penelitian ini belum secara komprehensif menghitung aspek ekonomi dari implementasi *IoT* dan *blockchain*, seperti biaya investasi awal, biaya pemeliharaan sistem, *return on investment*, potensi efisiensi biaya logistik, skema pembiayaan konsorsium, dan analisis risiko finansial. Padahal, dalam konteks implementasi kebijakan publik dan transformasi digital industri, pertimbangan ekonomi menjadi salah satu faktor penting yang menentukan keberlanjutan adopsi teknologi. Oleh karena itu, temuan penelitian ini perlu dipahami sebagai dasar konseptual dan kebijakan, bukan sebagai studi kelayakan investasi yang final.

Data pada penelitian sangat bergantung pada persepsi, pengalaman, dan interpretasi aktor yang terlibat dalam ekosistem rantai pasok maritim. Meskipun pendekatan triangulasi digunakan untuk memperkuat kredibilitas temuan, tetap terdapat kemungkinan bahwa pandangan aktor berbeda apabila penelitian diperluas ke wilayah pelabuhan lain, jenis komoditas lain, atau kelompok pemangku kepentingan yang memiliki posisi struktural berbeda. Dengan demikian, penelitian ini membuka ruang untuk pengujian lebih lanjut melalui desain penelitian yang lebih luas, komparatif, dan berbasis data kuantitatif.

Implikasi Manajerial

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan kajian manajemen rantai pasok maritim, transformasi digital, dan tata kelola institusional. Temuan penelitian menegaskan bahwa *IoT* dan *blockchain* tidak dapat diposisikan hanya sebagai perangkat teknologi untuk meningkatkan efisiensi operasional, tetapi harus dipahami sebagai bagian dari sistem kelembagaan yang mengatur kepercayaan, legitimasi, koordinasi, dan akuntabilitas. Dengan demikian, penelitian ini memperluas pemahaman tentang digitalisasi rantai pasok dari perspektif teknosentris menuju perspektif institusional. Nilai strategis teknologi tidak muncul hanya karena teknologi tersebut tersedia, tetapi karena adanya standar, aturan, aktor, insentif, dan legitimasi yang memungkinkan teknologi tersebut digunakan secara kolektif.

Secara praktis, penelitian ini memberikan implikasi bagi operator pelabuhan, pelaku logistik, *freight forwarder*, pengelola *cold storage*, dan penyedia teknologi untuk tidak menjalankan digitalisasi secara parsial. Implementasi *IoT* dan *blockchain* perlu dimulai dari kesepakatan bersama mengenai jenis data yang dikumpulkan, standar pertukaran data, pihak yang berwenang mengakses data, mekanisme validasi dokumen, serta prosedur penyelesaian apabila terjadi perbedaan informasi antar aktor. Bagi pelaku logistik, integrasi *IoT* dan *blockchain* dapat meningkatkan visibilitas kargo, mempercepat proses dokumentasi, mengurangi risiko manipulasi data, dan memperkuat kepercayaan antar organisasi. Namun, manfaat tersebut hanya dapat dicapai apabila digitalisasi dilakukan sebagai proyek ekosistem, bukan sekadar proyek teknologi masing-masing organisasi.

Secara manajerial, penelitian ini memberikan arahan bahwa transformasi digital rantai pasok maritim membutuhkan kepemimpinan kolaboratif dan kapasitas orkestrasi lintas aktor. Manajer logistik dan pengelola pelabuhan perlu mengembangkan kemampuan baru dalam mengelola data, membangun kepercayaan digital, menyelaraskan kepentingan organisasi, dan merancang mekanisme kerja sama berbasis *platform*. Dalam konteks ini, keberhasilan adopsi *IoT* dan *blockchain* sangat ditentukan oleh kemampuan aktor utama untuk mengelola perubahan organisasi, mengurangi resistensi, membangun literasi digital, serta menciptakan tata kelola

yang memberi manfaat nyata bagi semua pihak yang terlibat dalam rantai pasok.

Secara kebijakan, penelitian ini menegaskan perlunya reformasi regulasi yang adaptif terhadap perkembangan dokumentasi digital dan sistem validasi berbasis *blockchain*. Pemerintah dan otoritas maritim perlu menyusun kerangka hukum yang mengatur status dokumen *blockchain*, mekanisme pembuktian digital, perlindungan data, standar interoperabilitas, dan tanggung jawab hukum antar aktor. Selain itu, diperlukan *regulatory sandbox* untuk menguji implementasi dokumen digital berbasis *blockchain* dalam lingkungan terbatas sebelum diterapkan secara luas. Kebijakan digitalisasi maritim juga perlu diintegrasikan dengan *Port Community System*, *Maritime Single Window*, and *National Logistics Ecosystem* agar sistem yang dibangun tidak berdiri sendiri, melainkan menjadi bagian dari arsitektur logistik nasional yang lebih transparan, efisien, dan akuntabel.

Saran Penelitian Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan untuk dapat memperluas cakupan lokasi penelitian ke berbagai pelabuhan utama dan pelabuhan pendukung di Indonesia. Kajian komparatif antara pelabuhan besar, pelabuhan menengah, pelabuhan perikanan, pelabuhan ekspor-impor, dan pelabuhan dengan tingkat digitalisasi berbeda akan memberikan pemahaman yang lebih utuh mengenai variasi kesiapan institusional dan teknologi. Perluasan lokasi juga penting untuk menguji apakah Model Tata Kelola Konsorsium yang dirumuskan dalam penelitian ini dapat diterapkan secara konsisten pada berbagai konteks maritim Indonesia atau memerlukan adaptasi sesuai karakteristik wilayah, komoditas, dan struktur kelembagaan lokal.

Penelitian selanjutnya juga disarankan menggunakan pendekatan *mixed methods* agar temuan kualitatif yang telah diperoleh dapat diuji secara kuantitatif. Variabel seperti kesiapan teknologi, kesiapan organisasi, kesiapan regulasi, interoperabilitas data, dukungan pemangku kepentingan, kepercayaan antaraktor, dan intensi adopsi teknologi dapat dikembangkan menjadi model pengukuran empiris. Dengan pendekatan tersebut, peneliti masa depan dapat menguji hubungan kausal antara faktor kelembagaan dan keberhasilan adopsi *IoT-blockchain* dalam rantai pasok maritim. Hal ini akan memperkuat kontribusi akademik penelitian melalui model yang tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga teruji secara empiris.

Selain itu, penelitian selanjutnya perlu mengembangkan studi kelayakan ekonomi dan model pembiayaan implementasi *IoT-blockchain*. Kajian mengenai biaya investasi, manfaat efisiensi, pengurangan risiko *fraud*, percepatan dokumentasi, peningkatan kepercayaan antaraktor, dan potensi penghematan biaya logistik akan sangat penting untuk mendukung keputusan manajerial dan kebijakan. Penelitian lanjutan juga dapat merancang model pembiayaan konsorsium, termasuk kemungkinan pembagian biaya antara pemerintah, operator pelabuhan, pelaku logistik, penyedia teknologi, dan pengguna layanan. Dengan demikian, rekomendasi tata kelola dapat diterjemahkan ke dalam strategi implementasi yang lebih realistis dan berkelanjutan.

Penelitian berikutnya juga perlu mengembangkan prototipe atau *pilot project* integrasi *IoT* dan *blockchain* pada rantai pasok tertentu, misalnya rantai pasok dingin hasil perikanan, produk ekspor berisiko tinggi, atau komoditas yang membutuhkan sertifikasi ketat. Melalui *pilot project*, peneliti dapat menguji secara langsung bagaimana data sensor *IoT* dicatat, diverifikasi, diamankan, dan digunakan dalam sistem *blockchain*. Pendekatan ini akan membantu menjembatani kesenjangan antara model konseptual dan praktik implementasi.

Selain itu, pilot project dapat menjadi dasar bagi pengembangan standar teknis, prosedur operasional, dan regulasi yang lebih aplikatif.

Penelitian selanjutnya perlu memberikan perhatian lebih besar pada isu etika data, keamanan siber, kepemilikan data, dan keadilan akses dalam ekosistem rantai pasok maritim digital. Integrasi *IoT* dan *blockchain* tidak hanya menciptakan efisiensi, tetapi juga membentuk relasi kuasa baru dalam penguasaan informasi. Aktor yang memiliki akses lebih besar terhadap data dapat memperoleh posisi tawar yang lebih kuat dibandingkan aktor kecil seperti nelayan, pelaku logistik lokal, atau usaha kecil dalam rantai pasok. Oleh karena itu, agenda penelitian mendatang perlu memastikan bahwa digitalisasi maritim tidak hanya efisien secara operasional, tetapi juga inklusif, aman, sah secara hukum, adil secara kelembagaan, dan berkelanjutan bagi seluruh aktor dalam ekosistem rantai pasok maritim Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M., & Wilkins, S. (2025). Purposive sampling in qualitative research: a framework for the entire journey. *Quality & Quantity*, 59(2), 1461–1479. <https://doi.org/10.1007/s11135-024-02022-5>
- Annamalah, S., Aravindan, K. L., Ahmed, S., & Sentosa, I. (2025). Exploring the Relevance and Rigour of Case Study Research in Business: A Contemporary Perspective. *Journal of Sustainability Research*, 7(2). <https://doi.org/10.20900/jsr20250032>
- Balci, G., & Surucu-Balci, E. (2021). *Blockchain* adoption in the maritime supply chain: Examining barriers and salient *stakeholders* in containerized international trade. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 156(October). <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102539>
- Braun, V., & Clarke, V. (2023). Toward good practice in thematic analysis: Avoiding common problems and be(com)ing a knowing researcher. *International Journal of Transgender Health*, 24(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/26895269.2022.2129597>
- Carson, N. (2020). Community Systems. *Pediatric Skills for Occupational Therapy Assistants*, 67–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-59713-5.00005-X>
- Farah, M. Ben, Ahmed, Y., Mahmoud, H., Shah, S. A., Al-kadri, M. O., Taramonli, S., Bellekens, X., Abozariba, R., Idrissi, M., & Aneiba, A. (2024). A survey on *blockchain* technology in the maritime industry: Challenges and future perspectives. *Future Generation Computer Systems*, 157(March), 618–637. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.03.046>
- Karjono, K., Kusumawati, E. D., Pambudi, M. A. L., & Karmanis, K. (2024). Maritime Supply Chain Optimisation: A Case Study of *Blockchain* Integration in Port Logistics Management. *Maritime Park: Journal of Maritime Technology and Society*, 3(October), 135–141. <https://doi.org/10.62012/mp.v3i3.41148>
- Kusumawati, E. D., Karjono, & Karmanis. (2025). Integrasi Teknologi *Blockchain* terhadap Transparansi, Akuntabilitas, dan Efisiensi dalam Sistem Pengadaan Barang dan Jasa di Sektor Maritim. *Jurnal TRANSMA*, 1(2), 87–96. <https://jurnal.poltekpelni.ac.id/index.php/transma/article/view/67>
- mag.wcoomd.org. (2024). *National Logistics Ecosystem: Indonesia's holistic approach to*

trade facilitation. (3), 1–5.

- Margaretha, R., Syuzairi, M., & Mahadiansar, M. (2024). Digital Transformation in the Maritime Industry; Opportunities and Challenges for Indonesia. *Journal of Maritime Policy Science*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.31629/jmps.v1i1.7003>
- Maricar, N. P. K., & Atman, W. (2025). Transformasi Keamanan Maritim Indonesia melalui Penerapan Teknologi *Blockchain*. *Jurnal Ilmu Komunikasi, Administrasi Publik Dan Kebijakan Negara*, 2(3), 84–101. <https://doi.org/10.62383/komunikasi.v2i3.448>
- Mulyani, R. S., Retnoningrum, I. H., Kulsum, S., Laia, P. N., Bakhitaputri, N. I., Pasok, R., Risiko, S., & Logistik, K. (2025). *Indonesia Dalam Simpul Risiko : Ketika Jalur Laut*. 9(11), 1–10.
- Muta'ali, L. (2025). *Teori dan konsep geografi dalam supply chain management*. https://www.researchgate.net/publication/394191899_pustaka_geografi_teor_i_dan_konse_p_geografi_dalam_supply_chain_management
- Nafisah, C. P., Juman Ramadhani, A., Abdu Rifki, M., Adi Chandra Damora, M., Budiawati, Y., Kunci, K., Pangan, K., Pasok Pangan, R., & Kualitas, P. (2025). Supply Chain Management Berbasis *IoT* Dalam Meningkatkan Keamanan Pangan: Literature Review. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, 2(3), 3534.
- Nasser, A., Ouzayd, F., & Ech-cheikh, H. (2025). *Blockchain* technology in maritime single window and port community systems: A bibliometric analysis and systematic literature review. *Telematics and Informatics Reports*, 18(April), 100206. <https://doi.org/10.1016/j.teler.2025.100206>
- Nurfadholi, Z. F. (2019). Analisis *Internet of Things* Pada Sektor Maritim Indonesia. *Chemical Reviews*, 8(5), 55.
- Putri, S. A. (2024). *Menjelajahi persimpangan revolusi: Bagaimana Blockchain dan IoT berpadu untuk mengubah dunia*. 2(12), 1393–1398.
- Ramadhani, N. P. (2025). Efisiensi Moda Laut dalam Rantai Pengiriman Komoditas Ekspor Perikanan Jawa–Sumatera Berdasarkan Data Operasional Pelabuhan. *Jurnal Siber Transportasi Dan Logistik*, 3(1), 33–40. <https://doi.org/10.38035/jstl.v3i1.435>
- Scott, W. R. (2014). W. Richard SCOTT (1995), Institutions and Organizations. Ideas, Interests and Identities. *M@n@gement*, 17(2), 136. <https://doi.org/10.3917/mana.172.0136>
- Shin, S., Wang, Y., Pettit, S., & Abouarghoub, W. (2024). *Blockchain application in maritime supply chain: a systematic literature review and conceptual framework*.
- Simanjuntak, M., Barasa, L., & Tampubolon, B. M. (2024). Unlocking efficiency: Impact of digital supply chain technologies on Indonesian maritime *logistics*. *Jurnal Abdidias*, 5(3), 185–194. <https://doi.org/10.31004/abdidias.v5i3.929>
- Simatupang, T. T., & Iryanti, H. D. (2025). Eksplorasi Potensi Teknologi *Blockchain* Untuk Meningkatkan Transparansi Rantai Pasok Pelabuhan di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Maritim (SENAMA AKPELNI)*, 1(1), 125–141. <https://jurnal.poltekpelni.ac.id/index.php/senama>
-

- Surucu-Balci, E., Iris, Ç., & Balci, G. (2024). Digital information in maritime supply chains with *blockchain* and *cloud platforms*: Supply chain capabilities, barriers, and research opportunities. *Technological Forecasting and Social Change*, 198(September 2022). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122978>
- Valencia, M. M. A. (2022). *Principles, Scope, and Limitations of the Methodological Triangulation*. 40(2).
- Wahyudi, A., Nabila, A., & Prilaningrum, D. (2024). Jurnal Bppk Streamlining Indonesia ' S National *Logistics Ecosystem* : a Strategic Integration of Customs and Cross-Sector *Stakeholders* Using Disruptive Technology for Smart Track and. *Jurnal Bppk*, 17(3), 119–132.
- Yani, E. (2017). Analisis Relasi Teknologi, Institusi, dan Agensi dalam Transformasi Pelayanan Publik di Jakarta. *Informasi*, 47(1), 51. <https://doi.org/10.21831/informasi.v47i1.14690>