



Transformasi Keamanan Maritim Indonesia melalui Penerapan Teknologi Blockchain

Nadine Pratiwi Kadir Maricar^{1*}, Wira Atman²

^{1,2} Departemen Ilmu Hubungan Internasional, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik,
Universitas Hasanuddin, Indonesia

Alamat: Jl. Perintis Kemerdekaan No.KM.10, Tamalanrea Indah, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar,
Sulawesi Selatan 90245

Korespondensi penulis: pratiwinadine8@gmail.com *

Abstract: Maritime security in Indonesia faces numerous challenges, including piracy, smuggling, and environmental degradation that threaten the sustainability of the maritime sector. Blockchain technology, known for its transparency, security, and efficiency, presents a potential solution to enhance maritime security systems in Indonesia. This study explores the application of Blockchain technology in improving surveillance, tracking, and data validation in the maritime sector. By analyzing existing literature and case studies, the research identifies how Blockchain can strengthen security systems through smart contracts, real-time supply chain tracking, and increased transparency in maritime transactions. The study also discusses the challenges of implementing Blockchain technology in Indonesia's maritime sector and offers recommendations to accelerate its adoption. The findings aim to provide insights for policymakers and practitioners in developing technology-driven solutions to enhance maritime security in Indonesia.

Keywords: Blockchain, Indonesia, Maritime Security, Smart Contracts, Technology Implementation

Abstrak: Keamanan maritim Indonesia menghadapi berbagai tantangan serius, seperti pembajakan, penyelundupan, serta kerusakan lingkungan yang mengancam keberlanjutan sektor maritim. Teknologi Blockchain, yang dikenal dengan kemampuannya dalam menyediakan transparansi, keamanan, dan efisiensi, menawarkan solusi potensial untuk meningkatkan sistem keamanan maritim di Indonesia. Artikel ini membahas penerapan teknologi Blockchain dalam meningkatkan pengawasan, pelacakan, dan validasi data di sektor maritim Indonesia. Penelitian ini mengidentifikasi potensi Blockchain dalam memperkuat sistem keamanan melalui penggunaan kontrak pintar (smart contracts), pelacakan rantai pasok secara real-time, dan peningkatan transparansi dalam transaksi maritim. Dengan pendekatan yang berbasis pada analisis literatur dan studi kasus, penelitian ini juga mengidentifikasi tantangan implementasi teknologi Blockchain di sektor maritim Indonesia, serta memberikan rekomendasi untuk mempercepat adopsi teknologi ini. Temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pembuat kebijakan dan praktisi dalam mengembangkan solusi berbasis teknologi untuk memperkuat keamanan maritim di Indonesia.

Kata kunci: Blockchain, Keamanan Maritim, Indonesia, Kontrak Pintar, Implementasi Teknologi

1. LATAR BELAKANG

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki wilayah maritim yang luas dan strategis, menjadikannya jalur utama perdagangan internasional, sumber daya ekonomi, serta area penting pertahanan dan keamanan. Namun, tantangan seperti pencurian ikan, penyelundupan, dan lemahnya koordinasi antar lembaga pengawas laut masih menjadi persoalan utama. Laporan IUUF 2023 mencatat Indonesia sebagai salah satu dari lima negara dengan kinerja terburuk dalam praktik penangkapan ikan ilegal, diperkuat oleh data Kementerian Kelautan dan Perikanan yang mencatat lonjakan kasus hingga lebih dari 200 pada 2024, dengan kerugian negara mencapai Rp3,7 triliun. Selain itu, penyelundupan barang ilegal melalui laut juga marak, seperti 178 kasus yang ditindak sepanjang Januari–Mei 2024,

termasuk penyelundupan bawang merah dan pakaian bekas senilai Rp755 juta. Situasi ini diperparah oleh kurangnya infrastruktur pengawasan digital, seperti terlihat pada kasus kaburnya kapal ilegal Run Zeng 05 meskipun telah terdeteksi berada di perairan Indonesia sejak Januari 2024.

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas ancaman di wilayah perairan, digitalisasi menjadi pendekatan yang semakin mendesak dalam sektor maritim. Transformasi digital mampu meningkatkan efisiensi operasional, transparansi data, serta memperkuat ketahanan sistem pengawasan laut. Di Amerika Serikat telah mengupayakan dengan menginisiasi penggunaan teknologi canggih artificial intelligence (AI) dan sistem pengawasan untuk memonitor dan mengendalikan perbatasan serta wilayah maritimnya. Selain itu, Amerika Serikat turut mengupayakan keamanan siber maritim dengan mengembangkan dan menerapkan teknologi untuk melindungi infrastruktur digital dan jaringan komunikasi maritim dari ancaman siber seperti serangan ransomware yang pernah menimpa perusahaan pelayaran besar Maersk dan pelabuhan San Diego (Islam, 2024). Amerika Serikat memanfaatkan blockchain secara strategis di beberapa sektor kunci. Di keuangan, teknologi ini menjanjikan penurunan biaya transaksi, percepatan pembayaran internasional, dan inovasi melalui tokenisasi aset. Pada manajemen rantai pasok, blockchain meningkatkan transparansi dan ketertelusuran, membantu memerangi pemalsuan dan inefisiensi. Blockchain juga memperkuat perlindungan kekayaan intelektual dengan catatan yang tidak dapat diubah, mendorong inovasi. Potensi lainnya mencakup peningkatan transparansi dan efisiensi dalam layanan pemerintah serta penguatan keamanan data di berbagai industri, termasuk kesehatan, berkat arsitektur terdesentralisasi.

Singapura, di sisi lain, telah memposisikan diri sebagai pusat inovasi blockchain global, didukung oleh regulasi yang progresif. Otoritas Moneter Singapura (MAS) aktif mendorong eksplorasi blockchain di sektor keuangan, termasuk inisiatif mata uang digital bank sentral (CBDC) seperti Project Ubin. Di industri keuangan, blockchain secara signifikan meningkatkan efisiensi pemrosesan dokumen seperti letter of credit. Komitmen Singapura terhadap ekosistem inovasi terlihat dari dukungan terhadap startup blockchain dan program literasi digital. Potensi blockchain juga dieksplorasi di sektor kesehatan (keamanan data pasien), rantai pasok dan logistik (peningkatan kepercayaan dan transparansi), serta pendidikan (verifikasi kredensial digital).

Penerapan teknologi blockchain di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, seperti kebutuhan akan standarisasi dan interoperabilitas antar sistem, keterbatasan infrastruktur digital, serta kurangnya pemahaman di kalangan pelaku usaha. Isu privasi data, kepatuhan terhadap regulasi internasional, dan belum memadainya kerangka hukum juga menimbulkan ketidakpastian hukum. Selain itu, biaya investasi yang tinggi untuk infrastruktur, pelatihan, dan pengembangan sistem menuntut komitmen besar dari pemerintah dan sektor swasta (Karjono et al., 2024; Keefe, 2024).

Berikut beberapa tantangan yang dihadapi industri maritim Indonesia di tahun 2023:

- Pelabuhan yang tidak efisien: Pelabuhan Indonesia termasuk yang paling tidak efisien di dunia. Ketidakefisienan ini disebabkan sejumlah faktor, antara lain peralatan yang sudah ketinggalan zaman, manajemen yang buruk, dan korupsi.
- Kurangnya tenaga kerja terampil: Indonesia kekurangan tenaga kerja terampil di industri maritim. Kurangnya tenaga kerja terampil ini menghambat pertumbuhan industri.
- Persaingan dari negara lain: Indonesia menghadapi persaingan dari negara lain, seperti China dan Vietnam, yang memiliki industri maritim yang kuat.

Teknologi Blockchain menawarkan sistem pencatatan data yang terdesentralisasi dan tahan manipulasi, serta berpotensi mendukung pelacakan logistik, transaksi lintas batas, dan pengawasan kepatuhan kapal secara real-time melalui integrasi dengan IoT dan smart contract. Terdapat empat jenis Blockchain public, private, consortium, dan hybrid. dengan keunggulan dan keterbatasan masing-masing. Public Blockchain kurang cocok untuk sektor maritim karena minimnya kontrol keamanan, sedangkan private lebih sesuai untuk otoritas pelabuhan. Consortium memungkinkan koordinasi antar lembaga seperti TNI AL, Bakamla, dan Kementerian Kelautan, sementara hybrid dapat disesuaikan dengan kebutuhan keamanan nasional. Meski potensial, implementasi Blockchain di sektor maritim masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, biaya tinggi, dan interoperabilitas sistem, sehingga perlu kajian mendalam untuk penerapannya secara efektif dan berkelanjutan.

2. KAJIAN TEORITIS

Keamanan maritim adalah bagian penting dari kedaulatan negara dalam menjaga wilayah laut dari berbagai ancaman, baik militeristik maupun non-militer seperti perompakan, illegal fishing, dan pencemaran. Keliat (2009, dalam Iswardhana et al., 2021) menyatakan bahwa keamanan maritim mencakup aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, serta melibatkan peran banyak aktor.

Namun, pendekatan konvensional dalam sistem keamanan laut Indonesia masih belum optimal. Iswardhana, Wibawa, dan Chotimah (2021) menyoroti bahwa fragmentasi kelembagaan dan lemahnya koordinasi antarinstansi menyebabkan rendahnya efektivitas pengawasan wilayah maritim Indonesia secara menyeluruh. Oleh karena itu, muncul kebutuhan akan solusi teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi, transparansi, dan integrasi data antar sektor. Dalam konteks ini, penerapan teknologi blockchain menawarkan sistem pencatatan yang aman, transparan, serta tahan terhadap manipulasi, yang sangat penting untuk memperkuat kepercayaan dan kolaborasi antara pemangku kepentingan di sektor maritim (Liu, Zhang, & Zhen, 2023).

Penerapan blockchain di sektor maritim telah dimanfaatkan untuk pelacakan kapal, manajemen rantai pasok, dan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan. Salah satu inovasi penting adalah integrasi teknologi blockchain dengan sensor dan Internet of Things (IoT) yang memungkinkan pencatatan data lingkungan secara real-time dalam jaringan yang aman dan tidak dapat dimanipulasi. Selain itu, penerapan smart contract juga memungkinkan verifikasi kepatuhan terhadap regulasi dilakukan secara otomatis tanpa keterlibatan pihak ketiga, sehingga meningkatkan efisiensi pemantauan dan respon terhadap pelanggaran (Quigley, Rahouti, & Weiss, 2025). Meski menjanjikan, implementasi teknologi ini di Indonesia menghadapi kendala seperti keterbatasan regulasi dan kesiapan infrastruktur (Farah et al., 2024). Oleh karena itu, kajian ini bertujuan mengeksplorasi potensi blockchain dalam memperkuat sistem keamanan maritim Indonesia secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi pustaka (library research). Fokus utama penelitian ini adalah menganalisis literatur ilmiah yang membahas konsep keamanan maritim, tantangan pengelolaan laut di Indonesia, serta penerapan teknologi Blockchain dalam sektor maritim. Data dikumpulkan dari berbagai jurnal ilmiah, laporan institusi, artikel akademik, dan publikasi resmi yang relevan dalam kurun waktu lima tahun terakhir.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan menelaah dan menginterpretasikan isi literatur untuk mengidentifikasi pola, argumen, serta temuan konseptual yang mendukung topik penelitian. Kajian ini bertujuan membangun pemahaman teoritis yang mendalam mengenai potensi transformasi keamanan maritim melalui teknologi Blockchain, serta mengkaji tantangan implementasinya dalam konteks Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep Transformasi Keamanan Maritim Digital

Transformasi keamanan maritim digital merupakan respon strategis terhadap tantangan kompleks di perairan Indonesia yang semakin dipengaruhi oleh dinamika global, perkembangan teknologi, dan ancaman non-tradisional seperti perompakan, penyelundupan, dan pencemaran lingkungan laut. Keamanan maritim tidak hanya dimaknai sebagai upaya militeristik, tetapi juga mencakup pendekatan sosial, ekonomi, dan teknologi dalam menjaga stabilitas wilayah laut. Iswardhana et al. (2021) menyatakan bahwa sistem keamanan maritim Indonesia masih mengalami fragmentasi kelembagaan, yang menyebabkan lemahnya koordinasi serta efektivitas pengawasan.

Sebagai negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, Indonesia menghadapi tantangan besar dalam menjaga kedaulatan dan integritas maritimnya. Transformasi digital hadir sebagai upaya mengintegrasikan teknologi dalam tata kelola laut, terutama dalam pengawasan, pertukaran informasi, dan koordinasi antar lembaga. Menurut Margaretha et al. (2024), digitalisasi maritim meliputi pemanfaatan Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan Blockchain untuk mendukung keselamatan pelayaran, efisiensi logistik, serta peningkatan sistem keamanan laut nasional. Menurut Margaretha et al. (2024), digitalisasi maritim yang mencakup pemanfaatan Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan blockchain telah mulai diterapkan secara nyata di sektor maritim Indonesia untuk meningkatkan keselamatan pelayaran, efisiensi logistik, dan keamanan laut nasional. IoT digunakan untuk memantau kondisi kapal dan pelabuhan secara real-time melalui sensor, sementara AI dimanfaatkan untuk analisis data besar guna mengoptimalkan rute pelayaran dan operasional logistik. Blockchain diterapkan dalam rantai pasok guna memastikan transparansi dan keamanan dokumen pelayaran. Pemerintah Indonesia juga mendorong digitalisasi melalui sistem seperti Inaportnet dan Simlala, serta pengembangan pelabuhan cerdas di Ibu Kota Nusantara. Meskipun masih menghadapi tantangan seperti biaya tinggi dan infrastruktur digital yang belum merata, prospek digitalisasi maritim di Indonesia cukup menjanjikan seiring meningkatnya kolaborasi lintas sektor dan dukungan kebijakan nasional. Kondiri aktualnya gmana? bagaimana penerapannya?

Salah satu teknologi yang menonjol dalam transformasi ini adalah Blockchain. Teknologi ini menawarkan sistem pencatatan digital yang bersifat terdistribusi, transparan, dan tidak dapat dimanipulasi. Nabila & Efendi (2025) mengemukakan bahwa Blockchain mampu meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam pengelolaan data logistik dan rantai pasok. Dalam konteks keamanan maritim, Blockchain tidak hanya mendukung pelacakan kapal dan transaksi

digital, tetapi juga memperkuat sistem pengawasan berbasis data secara menyeluruh dan real-time.

Penelitian oleh Caprolu et al. (2020) menyoroti bahwa sistem kapal modern rentan terhadap serangan siber yang dapat mengganggu operasi dan menyebabkan kerugian finansial. Oleh karena itu, integrasi teknologi keamanan siber menjadi krusial dalam transformasi digital maritim untuk melindungi infrastruktur kritis dan menjamin kontinuitas pengawasan wilayah laut. Pentingnya penggunaan Blockchain dalam sistem drone bawah laut sebagaimana dikemukakan oleh Ahuja et al. (2022) menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki potensi strategis dalam meningkatkan efektivitas patroli keamanan maritim. Hal ini disebabkan oleh kemampuan Blockchain dalam menjamin keandalan data serta mendukung otomatisasi pengambilan keputusan, yang keduanya krusial dalam operasi bawah laut yang bersifat otonom dan berisiko tinggi. Oleh karena itu, adaptasi teknologi ini tidak hanya relevan tetapi juga menjadi langkah logis dalam modernisasi sistem keamanan maritim. (rubah jadi argumenku)

Dengan demikian, transformasi keamanan maritim digital tidak hanya membutuhkan teknologi yang canggih, tetapi juga pemahaman mendalam terhadap ekosistem kelembagaan yang mendukung interoperabilitas data dan koordinasi antarsektor. Blockchain hadir sebagai fondasi teknologi yang mampu menjawab kebutuhan tersebut jika diadopsi secara tepat dan disesuaikan dengan karakteristik kelembagaan maritim Indonesia.

Perkembangan dan Implementasi *Blockchain* di Sektor Maritim Global

Penerapan teknologi Blockchain dalam sektor maritim global berkembang pesat sebagai solusi untuk tantangan logistik dan keamanan data. Blockchain meningkatkan efisiensi dan ketertelusuran melalui pencatatan terdesentralisasi yang transparan dan permanen, seperti yang terlihat dalam kolaborasi Walmart dan IBM Food Trust yang mempercepat pelacakan produk makanan laut dari tujuh hari menjadi 2,2 detik. Di pelabuhan besar seperti Rotterdam dan Singapura, Blockchain digunakan untuk mengelola dokumen dan memantau kontainer guna mengurangi kecurangan. Selain itu, integrasi Blockchain dengan smart contract dan sensor IoT mempercepat validasi dokumen dan pemantauan kepatuhan lingkungan secara real-time. Singapura, sebagai pelopor di ASEAN, mendemonstrasikan bahwa keberhasilan implementasi blockchain berakar pada sejumlah pilar strategis. Pertama, visi dan dukungan pemerintah yang kuat adalah fundamental. Otoritas Moneter Singapura (MAS), misalnya, tidak hanya berperan sebagai regulator tetapi juga sebagai fasilitator aktif dalam proyek-proyek blockchain seperti Project Ubin yang berfokus pada pembayaran lintas batas. Pendekatan ini menciptakan ekosistem yang kondusif dengan memberikan kepastian regulasi, sehingga menarik investasi

dan inovasi. Kedua, kerangka regulasi yang progresif dan jelas esensial. Singapura telah membangun kerangka kerja komprehensif untuk aset digital dan layanan blockchain, termasuk panduan Anti-Money Laundering (AML) dan Counter-Financing of Terrorism (CFT). Kejelasan regulasi ini tidak hanya memitigasi risiko hukum tetapi juga mendorong kepatuhan dan kepercayaan investor. Ketiga, fokus pada kasus penggunaan riil dan berdampak adalah kunci. Singapura secara pragmatis mengarahkan investasinya pada solusi blockchain yang memecahkan masalah konkret, seperti proyek TradeTrust untuk digitalisasi dokumen perdagangan. Ini memungkinkan kuantifikasi nilai tambah (misalnya, reduksi waktu dan biaya) yang memperkuat justifikasi investasi dan mendorong adopsi lebih lanjut. Keempat, kolaborasi multispektral antara pemerintah, industri, dan akademisi sangat krusial. Sinergi ini mempercepat inovasi, memfasilitasi pertukaran pengetahuan, dan memastikan relevansi solusi dengan kebutuhan pasar. Terakhir, investasi dalam pengembangan bakat dan ekosistem inovasi merupakan fondasi yang tak terpisahkan. Melalui program pendidikan dan dukungan untuk startup, Singapura memastikan ketersediaan sumber daya manusia terampil yang esensial untuk pengembangan dan pemeliharaan sistem blockchain.

Meski demikian, adopsi global menghadapi tantangan infrastruktur, regulasi, dan literasi digital, terutama di negara berkembang. Di Indonesia, meskipun masih terbatas, digitalisasi logistik maritim menunjukkan hasil positif dan membuka peluang besar untuk integrasi Blockchain secara bertahap dengan dukungan kebijakan dan infrastruktur yang memadai. Indonesia memiliki target ambisius dalam mengadopsi teknologi blockchain, yang selaras dengan keuntungan yang telah direalisasikan oleh negara-negara seperti Amerika Serikat dan Singapura, namun tetap disesuaikan dengan konteks dan prioritas nasional. Dalam sektor keuangan, fokus utamanya adalah meningkatkan efisiensi dan transparansi melalui inisiatif seperti Proyek Garuda (Digital Rupiah) dari Bank Indonesia untuk eksplorasi Central Bank Digital Currency (CBDC), serta implementasi Peta Jalan OJK 2024-2028 yang bertujuan menciptakan ekosistem keuangan digital yang terintegrasi dan aman, termasuk regulasi aset kripto. Di rantai pasok dan logistik, Indonesia menargetkan peningkatan ketertelusuran dan efisiensi operasional, mencontoh keberhasilan PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) dalam pelacakan kontainer dan inisiatif seperti TebuChain oleh BRI untuk manajemen rantai pasok agrikultur. Sementara itu, dalam layanan pemerintahan, blockchain diharapkan dapat meningkatkan transparansi dan akuntabilitas dalam manajemen data kependudukan, sistem perpajakan, dan proyek smart city. Selain itu, blockchain juga ditargetkan untuk memperkuat perlindungan kekayaan intelektual (HKI) dan mendukung ekonomi kreatif, misalnya melalui penggunaan Non-Fungible Tokens (NFT) untuk karya seni digital. Terakhir, Indonesia

berupaya keras membangun ekosistem inovasi blockchain yang kuat, termasuk mendorong pertumbuhan startup lokal dan meningkatkan literasi teknologi di kalangan masyarakat serta pelaku industri. Secara keseluruhan, target Indonesia adalah memanfaatkan esensi blockchain—transparansi, keamanan, dan efisiensi guna mendukung transformasi digital nasional dan mendorong pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan.

Strategi Implementasi *Blockchain* dalam Sistem Keamanan Laut Indonesia

Penggunaan sistem blockchain menawarkan berbagai keuntungan yang signifikan, terutama dalam hal transparansi, keamanan, dan efisiensi. Secara ilmiah, blockchain memungkinkan pencatatan data yang tidak dapat diubah (immutable), sehingga setiap transaksi tercatat secara permanen dan dapat diverifikasi oleh semua pihak yang memiliki akses. Teknologi ini juga mengurangi ketergantungan pada perantara, yang secara langsung meminimalkan risiko korupsi dan kesalahan manusia. Dalam konteks yang lebih humanis, penerapan blockchain dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap institusi dan layanan digital, karena setiap individu memiliki hak yang sama dalam mengakses dan memverifikasi informasi. Keunggulan ini sangat relevan bagi negara berkembang seperti Indonesia, di mana transparansi dan akuntabilitas masih menjadi tantangan utama dalam tata kelola pemerintahan maupun sektor swasta. Selain itu, blockchain membuka peluang inklusi keuangan dan digital yang lebih merata, dengan memberdayakan kelompok masyarakat yang selama ini terpinggirkan dari sistem konvensional.

Penerapan teknologi Blockchain dalam sistem keamanan laut Indonesia membutuhkan strategi yang komprehensif dan bertahap. Hal ini dikarenakan kompleksitas tantangan geografis serta kebutuhan akan koordinasi yang erat antar lembaga terkait. Sebagai negara kepulauan yang memiliki laut luas dan strategis, Indonesia harus memadukan pendekatan teknologi dengan kesiapan kelembagaan, regulasi, dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia (Thresia & Heni, 2023).

Salah satu langkah strategis dalam implementasi Blockchain adalah integrasi teknologi pendukung seperti Internet of Things (IoT), smart contract. IoT memungkinkan pemantauan kapal, kontainer, dan parameter lingkungan laut secara real-time, yang sangat berguna dalam mendeteksi potensi pelanggaran atau ancaman. Teknologi ini juga mendukung pengumpulan dan pertukaran data yang cepat dan akurat sebagai dasar pengambilan kebijakan maritim. Indonesia telah menunjukkan komitmen serius dalam memanfaatkan teknologi blockchain untuk meningkatkan tata kelola sektor maritim melalui integrasi dengan Internet of Things (IoT) dan smart contract. Rencana strategis ini dirancang untuk mendukung transformasi

digital maritim secara berkelanjutan. IoT digunakan untuk memantau posisi kapal, kondisi kontainer, serta parameter lingkungan laut secara real-time, sedangkan data yang diperoleh ditransmisikan ke sistem berbasis blockchain untuk menjamin keamanan, transparansi, dan keaslian informasi. Smart contract diterapkan guna mengotomatisasi proses layanan perizinan, pembayaran pelabuhan, dan pengiriman logistik, sehingga mengurangi intervensi manual yang rawan korupsi. Pemerintah melalui berbagai kementerian seperti Kominfo, KKP, dan Pelindo telah melakukan uji coba sistem ini di pelabuhan strategis seperti Tanjung Priok. Keberlanjutan langkah ini ditunjukkan melalui penyusunan blueprint digitalisasi maritim nasional, yang menempatkan blockchain dan IoT sebagai pilar utama transformasi infrastruktur pelabuhan dan sistem logistik laut. Regulasi dan standar teknologi tengah dikembangkan untuk menjamin keamanan data dan integrasi sistem yang andal, serta mendorong kolaborasi dengan startup teknologi lokal guna menciptakan solusi adaptif yang berdaya saing. Rencana ekspansi ke pelabuhan-pelabuhan di wilayah timur Indonesia juga menunjukkan komitmen pemerintah dalam mendukung program Tol Laut dan pengawasan zona ekonomi eksklusif (ZEE). Dengan pendekatan kolaboratif dan berorientasi jangka panjang, Indonesia menempatkan blockchain sebagai fondasi penting bagi efisiensi, akuntabilitas, dan keberlanjutan sektor maritim nasional.

Selanjutnya, smart contract menjadi bagian penting dari strategi digitalisasi dengan memungkinkan proses otomatisasi transaksi dan validasi dokumen tanpa keterlibatan pihak ketiga. Dalam konteks pelabuhan dan logistik maritim, smart contract dapat mempercepat proses administratif dan memperkuat akuntabilitas sistem pelayanan (Thresia & Heni, 2023). Fintech juga memainkan peran strategis dalam digitalisasi sektor maritim, khususnya dalam sistem pembayaran, pembiayaan logistik, dan transparansi transaksi. Pemanfaatan teknologi keuangan ini dapat membantu menurunkan biaya operasional dan mendukung inklusi keuangan pelaku usaha kecil-menengah di sektor kelautan. Strategi implementasi Blockchain yang ideal di Indonesia perlu mencakup tiga pilar utama: pertama, penyusunan kebijakan dan regulasi yang mendukung adopsi lintas sektor; kedua, pengembangan kapasitas dan literasi digital SDM maritim; dan ketiga, pembentukan ekosistem kolaboratif antara pemerintah, industri, dan akademisi. Menurut Thresia & Heni (2023), keberhasilan strategi ini sangat ditentukan oleh sinergi antarpemangku kepentingan yang mampu menjaga interoperabilitas dan kesinambungan sistem keamanan maritim berbasis teknologi.

Penggunaan sistem blockchain memberikan berbagai keuntungan strategis bagi Indonesia, khususnya sebagai negara berkembang yang tengah mendorong transformasi digital dan tata kelola yang transparan. Salah satu manfaat utamanya adalah peningkatan transparansi dan akuntabilitas, karena setiap transaksi dalam blockchain dicatat secara permanen, terbuka, dan

sulit dimanipulasi. Hal ini sangat berguna dalam memerangi korupsi dan penyalahgunaan wewenang, terutama di sektor pemerintahan, pengadaan barang/jasa, serta distribusi bantuan sosial. Selain itu, blockchain juga meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya operasional dengan mengotomatisasi proses verifikasi dan dokumentasi melalui smart contract, sehingga mengurangi birokrasi dan ketergantungan pada perantara. Dalam hal keamanan, blockchain menggunakan sistem kriptografi yang canggih, sehingga sangat cocok untuk pengelolaan data sensitif seperti data kependudukan, catatan medis, hingga sertifikat tanah. Lebih lanjut, teknologi ini dapat meningkatkan inklusi keuangan dengan memberikan akses layanan finansial berbasis kripto kepada masyarakat yang belum tersentuh sistem perbankan, terutama di daerah 3T (terdepan, terluar, tertinggal). Blockchain juga membuka ruang inovasi dalam pengembangan ekonomi digital melalui sektor fintech, startup, tokenisasi aset, dan NFT yang berpotensi mendukung visi Indonesia Emas 2045. Dalam sektor logistik dan perdagangan, sistem ini mampu mencatat rantai pasok secara transparan, meningkatkan daya saing ekspor dan memenuhi standar keamanan produk global, terutama untuk sektor maritim, pertanian, dan perikanan. Bahkan dalam konteks politik, blockchain memiliki potensi untuk digunakan dalam penyelenggaraan pemilu digital yang aman, efisien, dan minim kecurangan. Dengan seluruh potensi tersebut, implementasi blockchain dapat menjadi pilar penting dalam memperkuat tata kelola, efisiensi, dan daya saing Indonesia di era digital.

Peluang dan tantangan Implementasi *Blockchain* dalam Keamanan Maritim Indonesia

Penerapan teknologi Blockchain dalam sektor maritim Indonesia menawarkan potensi besar untuk merevolusi sistem keamanan laut yang selama ini masih menghadapi banyak tantangan. Dalam konteks ini, teknologi Blockchain hadir sebagai solusi digital yang mampu meningkatkan transparansi, efisiensi, dan akuntabilitas dalam pengelolaan data serta koordinasi antarlembaga.

Salah satu keunggulan utama dari Blockchain adalah kemampuannya dalam menciptakan sistem pencatatan data yang bersifat tidak dapat diubah dan dapat diverifikasi secara real-time oleh seluruh pihak yang berwenang. Dalam konteks pengawasan maritim, keunggulan ini memungkinkan setiap aktivitas logistik, pergerakan kapal, dan proses otorisasi pelayaran tercatat secara otomatis dan akurat. Menurut Yuniarti dan Prasetyo (2023), sistem pencatatan digital berbasis Blockchain dalam logistik maritim berperan penting dalam meningkatkan integritas informasi dan akurasi pencatatan lintas instansi, sekaligus meminimalkan risiko penyimpangan yang sering terjadi dalam rantai pasok laut.

Lebih lanjut, fitur smart contract dalam Blockchain berfungsi sebagai mekanisme otomatisasi proses administratif, khususnya dalam layanan pelabuhan. Smart contract memungkinkan dokumen seperti manifest kargo, pembayaran jasa pelabuhan, hingga verifikasi kepatuhan terhadap aturan lingkungan dapat diproses secara otomatis tanpa keterlibatan manusia secara langsung.

Kelebihan lainnya adalah potensi Blockchain dalam mengoptimalkan efisiensi logistik melalui integrasi dengan Internet of Things (IoT). Dengan menghubungkan sensor dan perangkat pelacak ke dalam jaringan Blockchain, pihak berwenang dapat memantau posisi dan kondisi kapal atau kontainer secara langsung. Data ini berguna untuk mendeteksi anomali, mencegah penyelundupan, serta merespons cepat jika terjadi pelanggaran batas wilayah atau insiden keamanan (Indraprakoso & Haripin, 2023).

Namun, implementasi Blockchain di Indonesia masih menghadapi sejumlah keterbatasan. Salah satunya adalah kebutuhan infrastruktur digital yang masih belum merata di kawasan pelabuhan dan wilayah pesisir. Penerapan Blockchain membutuhkan koneksi internet yang stabil, sistem server yang aman, serta perangkat pendukung lainnya yang belum sepenuhnya tersedia di berbagai titik strategis maritim (Rizkiawan & Ramza, 2024).

Selain itu, biaya adopsi teknologi ini tidaklah murah. Pengembangan sistem Blockchain, integrasi dengan sistem lama (legacy system), serta pelatihan SDM membutuhkan investasi besar. Di sektor publik yang kerap mengalami keterbatasan anggaran, hal ini bisa menjadi hambatan signifikan dalam tahap implementasi (Yazid & Karmila, 2023).

Keterbatasan berikutnya adalah kurangnya pemahaman dan literasi digital di kalangan aparaturnya pemerintah serta pelaku usaha di sektor maritim. Tanpa pelatihan yang memadai, pemanfaatan Blockchain tidak akan maksimal dan justru dapat menciptakan kebingungan serta resistensi terhadap perubahan.

Tabel 1. Ringkasan Kelebihan dan Keterbatasan *Blockchain* dalam Keamanan Maritim Indonesia

Peluang	Tantangan
Menjamin keterbukaan informasi logistik dan pergerakan kapal secara real-time	Keterbatasan infrastruktur digital di pelabuhan terpencil
Mencegah pemalsuan dokumen kapal atau kontainer	Kurangnya standardisasi data antar lembaga

Mengurangi risiko manipulasi atau peretasan data	Ancaman keamanan siber terhadap smart contract atau sistem yang tidak diperbarui
Integrasi dengan IoT memungkinkan pelacakan kapal dan muatan secara otomatis	Koneksi internet yang tidak stabil di wilayah laut lepas dan Biaya integrasi dengan perangkat IoT
Memfasilitasi pertukaran informasi antara TNI AL, Bakamla, KKP, dan Bea Cukai dan Mempercepat respons terhadap ancaman atau pelanggaran maritim	Rendahnya pemahaman teknis terhadap teknologi blockchain serta Ego sektoral antar lembaga
Mempermudah pelacakan asal-usul barang ilegal	Belum adanya dasar hukum atau regulasi khusus untuk penerapan blockchain dalam penegakan hukum laut
Memotong birokrasi dalam proses logistik pelabuhan dan Mengurangi biaya administrasi dan verifikasi dokumen	Investasi awal yang tinggi dan Perlu pelatihan SDM dan kesiapan institusional

Selain keterbatasan teknis dan infrastruktur, implementasi Blockchain dalam sistem keamanan maritim Indonesia juga menyimpan potensi ancaman dan pelanggaran yang patut diperhatikan. Meski sistem ini menawarkan keunggulan dalam aspek transparansi dan imutabilitas data, bukan berarti bebas dari risiko penyalahgunaan. Dalam konteks maritim, Blockchain menyimpan data strategis terkait pergerakan kapal, logistik, dan sistem keamanan yang apabila terekspos dapat dimanfaatkan oleh aktor jahat. Al-Farsi et al. (2021) menekankan bahwa sistem Blockchain tetap rentan terhadap serangan seperti smart contract exploit, 51% attack, serta potensi kebocoran data apabila tidak dilengkapi dengan sistem enkripsi dan autentikasi yang kuat.

Lebih lanjut, sistem yang didesain tanpa perhatian terhadap prinsip data privacy, perlindungan akses, dan etika digital justru dapat membuka ruang pelanggaran yang berdampak pada Blockchain maritim. Farah et al. (2024) menekankan bahwa keberhasilan Blockchain tidak hanya terletak pada teknologi itu sendiri, tetapi juga pada kesiapan regulasi, audit berkelanjutan, serta pemahaman yang kuat dari para pelaku sistem. Tanpa dukungan

regulasi nasional yang memadai dan sinergi antarlembaga, Blockchain dapat menimbulkan tumpang tindih akses data, konflik kepentingan, serta resistensi internal dalam adopsinya. Oleh karena itu, strategi penerapan teknologi ini harus dilengkapi dengan penguatan tata kelola digital yang adaptif dan menjunjung akuntabilitas tinggi.

Sebagai negara berkembang, Indonesia menghadapi tantangan struktural seperti keterbatasan infrastruktur digital, sumber daya manusia yang belum merata secara teknologi, serta kendala regulasi yang masih berkembang. Berbeda dengan Amerika Serikat dan Singapura yang mengembangkan blockchain dengan mengandalkan sumber daya teknologi canggih, investasi besar, dan regulasi progresif, Indonesia mengambil pendekatan yang lebih bertahap dan adaptif. Indonesia cenderung memanfaatkan sumber daya yang sudah ada, seperti infrastruktur digital milik BUMN, jaringan pelabuhan nasional, serta sistem logistik eksisting untuk diintegrasikan secara bertahap dengan teknologi blockchain. Alih-alih membangun sistem baru dari nol seperti di negara maju, Indonesia memprioritaskan optimalisasi sistem yang sudah berjalan, lalu menyuntikkan inovasi melalui kemitraan strategis dengan startup lokal, perguruan tinggi, serta pilot project di sektor-sektor kunci seperti logistik, perikanan, dan administrasi pemerintahan.

Penerapan blockchain di Indonesia juga sangat terkait dengan pendekatan kolaboratif antara pemerintah pusat dan daerah, sambil menyiapkan kerangka regulasi yang fleksibel dan partisipatif agar tidak menekan inovasi. Sementara negara seperti Singapura mengandalkan sektor privat dan insentif pasar untuk memacu adopsi, Indonesia lebih mengandalkan inisiatif publik dan subsidi teknologi untuk mendorong inklusi digital. Selain itu, keberhasilan implementasi sangat ditentukan oleh kemampuan Indonesia dalam membangun ekosistem lokal, bukan sekadar mengimpor teknologi luar. Ini dilakukan melalui edukasi teknologi berbasis vokasi, penguatan UMKM digital, dan keterlibatan komunitas teknologi dalam negeri. Dengan strategi yang kontekstual dan bertahap ini, Indonesia tidak meniru negara maju secara langsung, tetapi membentuk jalur transisinya sendiri menuju adopsi blockchain yang inklusif dan berkelanjutan.

Studi Kasus Penerapan *Blockchain* dalam Keamanan Maritim di Indonesia

Upaya transformasi digital dalam sektor maritim Indonesia mulai menunjukkan implementasi nyata melalui integrasi teknologi Blockchain dalam berbagai sistem logistik dan pengawasan laut. Penerapan teknologi ini bertujuan untuk menjawab berbagai tantangan klasik dalam pengelolaan keamanan maritim nasional, mulai dari birokrasi yang lambat, manipulasi data logistik, hingga minimnya koordinasi antarinstansi.

Salah satu contoh konkret dapat dilihat dalam inisiatif National Logistics Ecosystem (NLE) yang digagas pemerintah melalui Instruksi Presiden No. 5 Tahun 2020. Program ini bertujuan mengintegrasikan layanan logistik nasional baik dari sektor publik maupun swasta ke dalam satu ekosistem digital berbasis Blockchain. Menurut Sembiring et al. (2024), penerapan Blockchain dalam NLE memungkinkan pencatatan transaksi dan pertukaran data logistik dilakukan secara real-time, transparan, dan tidak dapat dimanipulasi. Sistem ini menyatukan berbagai proses seperti pemesanan kontainer, pembayaran pelabuhan, dan clearance bea cukai dalam satu rantai digital yang aman dan efisien.

Selain itu, integrasi Blockchain dan sistem keamanan data terbukti mampu meningkatkan efisiensi rantai logistik global melalui otomatisasi validasi dokumen dan pemantauan aktivitas logistik secara real-time. Dengan sistem ini, proses yang sebelumnya memerlukan verifikasi manual dapat dipercepat dan risiko kesalahan dapat diminimalisir secara signifikan (Nabila & Efendi, 2025).

Dari sisi pengawasan keamanan laut, studi oleh Taufik & Zulfa (2024) di Selat Malaka memperlihatkan bahwa integrasi Blockchain dengan perangkat IoT mampu meningkatkan ketepatan sistem pemantauan pergerakan kapal. Setiap aktivitas kapal, mulai dari lokasi, kecepatan, hingga histori pelayaran tercatat otomatis dalam jaringan Blockchain, yang memperkuat sistem deteksi dini terhadap ancaman seperti illegal fishing dan perdagangan gelap.

Meski potensi Blockchain sangat besar, tantangan yang dihadapi tidak sedikit. Seperti dicatat oleh Rizkiawan & Ramza (2024), kendala terbesar terletak pada ketimpangan infrastruktur digital antarwilayah, belum seragamnya standar data nasional, serta rendahnya literasi teknologi di kalangan operator pelabuhan dan aparat keamanan laut.

Dengan demikian, berbagai studi kasus di atas menunjukkan bahwa Blockchain telah dan dapat terus memainkan peran sentral dalam modernisasi sistem logistik dan pengawasan maritim Indonesia. Implementasi yang bertahap, terstruktur, dan berbasis regulasi yang kuat menjadi kunci keberhasilan transformasi digital sektor maritim yang aman dan berkelanjutan

Dampak Implementasi *Blockchain* terhadap Keamanan Maritim Indonesia

Implementasi teknologi Blockchain dalam sektor maritim Indonesia memberikan beragam dampak yang signifikan terhadap sistem pengawasan laut, logistik pelabuhan, dan tata kelola keamanan maritim. Di satu sisi, Blockchain menghadirkan peluang besar dalam hal efisiensi, transparansi, dan integritas data. Namun di sisi lain, adopsi teknologi ini juga menimbulkan sejumlah konsekuensi dan risiko yang perlu diantisipasi secara strategis.

- **Dampak Positif *Blockchain* terhadap Keamanan Maritim Indonesia**

Salah satu dampak positif paling menonjol dari implementasi Blockchain adalah peningkatan transparansi dan keterlacakan data di sektor logistik dan pelabuhan. Menurut Thresia & Heni (2025), sistem pencatatan digital yang terdistribusi memastikan semua pihak memiliki akses terhadap data yang sama dan tidak dapat dimanipulasi. Ini membantu mencegah fraud, mempercepat proses verifikasi, serta memperkuat kepercayaan antarlembaga.

Selain itu, Blockchain berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi operasional. Penggunaan smart contract memungkinkan proses administrasi seperti otorisasi dokumen dan pembayaran layanan pelabuhan dilakukan secara otomatis, tanpa perlu keterlibatan manual. Suryawijaya (2023) mencatat bahwa adopsi Blockchain mampu mengurangi waktu tunggu kapal dan mempercepat clearance logistik, yang berdampak langsung pada penurunan biaya operasional dan logistik.

- **Dampak Negatif *Blockchain* terhadap Keamanan Maritim Indonesia**

Meski menawarkan sejumlah keunggulan, penerapan Blockchain juga membawa dampak negatif yang perlu dicermati. Salah satunya adalah tingginya kebutuhan infrastruktur digital dan sumber daya manusia yang mumpuni. Banyak pelabuhan dan wilayah pesisir di Indonesia yang masih belum memiliki konektivitas internet yang stabil atau perangkat digital yang memadai (Thresia & Heni, 2025). Selain itu, berdasarkan hasil studi oleh Simanjuntak et al. (2024), tantangan terbesar dalam penerapan Blockchain di sektor logistik maritim Indonesia terletak pada integrasi dengan sistem lama yang belum kompatibel, serta kekhawatiran terhadap keamanan data. Studi tersebut mencatat bahwa 80% responden menyebutkan integrasi sistem sebagai hambatan utama, sementara 66,7% lainnya menyoroti masalah privasi sebagai isu yang krusial dalam transformasi digital ini.

Jika Indonesia tidak menerapkan sistem blockchain, terdapat sejumlah kerugian yang dapat memengaruhi berbagai sektor strategis, baik secara ilmiah maupun dalam dimensi sosial. Secara teknologis, ketiadaan blockchain berarti Indonesia akan tertinggal dalam hal transparansi dan efisiensi sistem, terutama dalam sektor keuangan, logistik, pelayanan publik, dan keamanan data. Proses pencatatan dan transaksi yang masih bergantung pada sistem konvensional lebih rentan terhadap manipulasi, birokrasi yang lambat, serta rawan korupsi dan kecurangan. Dari sisi sosial dan humanis, dampak ini dapat memperlebar kesenjangan kepercayaan antara masyarakat dan institusi negara, karena akses informasi yang tertutup atau mudah dimanipulasi menciptakan rasa ketidakadilan dan kecurigaan publik. Selain itu, ketertinggalan dalam adopsi teknologi ini juga berpotensi memperbesar kesenjangan digital

antara Indonesia dan negara-negara yang sudah mengintegrasikan blockchain dalam sistem nasional mereka, sehingga menurunkan daya saing bangsa di tingkat global dan menghambat pertumbuhan ekonomi inklusif yang berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan teknologi Blockchain dalam sistem keamanan maritim Indonesia menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan transparansi, efisiensi, serta integrasi antar lembaga pengawas laut. Teknologi ini mampu mendukung pengawasan real-time, penguatan akuntabilitas, dan pemrosesan data yang lebih andal. Namun demikian, sejumlah kendala seperti keterbatasan infrastruktur digital, rendahnya literasi teknologi, serta belum matangnya regulasi menjadi tantangan nyata dalam proses implementasi.

Sebagai tindak lanjut, diperlukan upaya strategis berupa penyusunan regulasi yang adaptif, penguatan kapasitas sumber daya manusia, dan pembangunan infrastruktur pendukung yang merata. Kolaborasi antara pemerintah, sektor industri, dan akademisi juga perlu diperkuat guna menciptakan ekosistem maritim digital yang berkelanjutan dan responsif terhadap dinamika keamanan laut nasional

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Besar atas selesainya tulisan ini dan terima kasih terhadap dosen-dosen yang telah membimbing dan membantu saya dalam menyelesaikan tulisan ini dengan tepat waktu. Terima kasih juga terhadap kedua orangtua saya atas doa dan dukungannya dalam menyelesaikan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Artikel Jurnal :

- Ahuja, N. J., Kumar, A., Thapliyal, M., Dutt, S., Kumar, T., Pacheco, D. A. D. J., Konstantinou, C., & Choo, K.-K. R. (2022). Blockchain for unmanned underwater drones: Research issues, challenges, trends and future directions. arXiv preprint, arXiv:2210.06540. <https://arxiv.org/abs/2210.06540>
- Caprolu, M., Di Pietro, R., Raponi, S., Sciancalepore, S., & Tedeschi, P. (2020). Vessels cybersecurity: Issues, challenges, and the road ahead. arXiv preprint, arXiv:2003.01991. <https://arxiv.org/abs/2003.01991>
- Farah, M. B., Yahmed, A., & Salah, K. (2024). A survey on Blockchain technology in maritime supply chains. *Future Generation Computer Systems*, 146, 321–339. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.03.046>

- Iman, N., Amanda, M. T., & Angela, J. (2023). Digital transformation for maritime logistics capabilities improvement: Cases in Indonesia. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/364152697>
- Indraprakoso, D. (2023). Eksplorasi potensi penggunaan Blockchain dalam sistem logistik nasional. *Jurnal Manajemen dan Teknologi*, 3(1), 140–160. <https://sj.eastasouth-institute.com/index.php/smb>
- Islam, M. S. (2024). Maritime security in a technological era: Addressing challenges in balancing technology and ethics. *Mersin University Journal of Maritime Faculty*, 6(1), 1–16.
- 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(3), 132–138. <https://doi.org/10.62012/mp.v3i3.41148>
- Liu, J., Zhang, H., & Zhen, L. (2023). Blockchain technology in maritime supply chains: Applications, architecture and challenges. *International Journal of Production Research*, 61(11), 3547–3563. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1930239>
- Margaretha, M. S., Syuzairi, A. I., & Mahadiansar, M. (2024). Digitalisasi sektor maritim: Peluang dan tantangan. *Jurnal Riset Maritim*, 12(1), 1–10.
- Nabila, C. R., & Efendi, M. R. (2025). Pemanfaatan smart contract untuk efisiensi sistem pelabuhan. *Jurnal Ekonomi Digital dan Maritim*, 4(1), 461–467. <https://doi.org/10.35870/jtik.v9i2.3277>
- Oruc, A. (2022). Ethical considerations in maritime cybersecurity research. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16(2), 309–316. <https://www.researchgate.net/publication/362372469>
- Quigley, W. C., Rahouti, M., & Weiss, G. M. (2025). A secure Blockchain-assisted framework for real-time maritime environmental compliance monitoring. arXiv preprint, arXiv:2503.08707. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.08707>
- Rizkiawan, M. A., & Ramza, M. (2024). Digitalisasi maritim: Potensi dan kesenjangan infrastruktur di wilayah pesisir. *Jurnal Transportasi Laut*, 9(1), 236–252.
- Sembiring, A. R., Haryanto, D. B., & Purbowo, A. (2024). Leveraging Indonesia's logistics ecosystem with frontier technology. *Jurnal BPPTK Logistik Nasional*, 8(2), 12–28.
- Simanjuntak, M., Barasa, L., & Tampubolon, B. M. (2024). Unlocking efficiency: Impact of digital supply chain technologies on Indonesian maritime logistics. *Jurnal Abdidas*, 5(3), 187–194. <https://doi.org/10.31004/abdidas.v5i3.929>
- Thresia, T., & Heni, S. (2023). Eksplorasi potensi teknologi Blockchain dalam transformasi sistem logistik maritim. *Jurnal Inovasi Kelautan*, 3(1), 125–141.
- Yan, J., Xiao, K., & Chen, L. (2023). Blockchain-based port surveillance system for national maritime defense. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 164, 101–114. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.101114>

- Yazid, I. D., & Karmila, A. P. (2023). Tantangan dan transformasi indeks e-government di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(13), 387–396. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/10041>
- Yuniarti, R., & Prasetyo, D. (2023). Penerapan teknologi Blockchain dalam manajemen logistik. *Jurnal Manajemen Logistik*, 5(2), 88–102. <https://journal.akb.ac.id/index.php/jami/article/download/155/88>

Referensi Artikel Prosiding :

- Al-Farsi, S., Rathore, M. M., & Bakiras, S. (2021). Security of Blockchain-based supply chain management systems: Challenges and opportunities. *Applied Sciences*, 11(12), 5585. <https://doi.org/10.3390/app11125585>
- Direktorat Jenderal Bea dan Cukai. (2024, Juli 30). Capaian apik patroli laut Bea Cukai di paruh pertama tahun 2024. <https://www.beacukai.go.id/berita/capaian-apik-patroli-laut-bea-cukai-di-paruh-pertama-tahun-2024.html>
- Direktorat Jenderal Bea dan Cukai. (2025, Februari 17). Bea Cukai gagalkan penyelundupan 45 ton bawang merah dan 28 karung pakaian bekas di perairan Jamboaye. <https://www.beacukai.go.id/berita/bea-cukai-gagalkan-penyelundupan-45-ton-bawang-merah-dan-28-karung-pakaian-bekas-di-perairan-jamboaye.html>
- Indonesia Ocean Justice Initiative. (2024, Mei 21). [Siaran Pers] Penangkapan Kapal Run Zeng 03 dan kejahatan lintas batas negara terorganisir dalam sektor perikanan tangkap. <https://oceanjusticeinitiative.org/siaran-pers-penangkapan-kapal-run-zeng-03-dan-kejahatan-lintas-batas-negara-terorganisir-dalam-sektor-perikanan-tangkap/>
- Iswardhana, M. R., Wibawa, A., & Chotimah, H. C. (2021). Strategi keamanan laut pemerintah Indonesia untuk menjaga keamanan maritim. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 8(5), 1406–1428. <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/nusantara/article/view/14582>
- Keefe, D. H. S. (2024, Maret 22). Challenge of Blockchain integration: Indonesia's trade facilitation. *UNCTAD Trade Facilitation E-Learning*. <https://tfelearning.unctad.org/blog/dimas-harris-sean-keefe>
- Macfadyen, G., & Hosch, G. (2023). The IUU fishing risk index: 2023 update. Poseidon Aquatic Resource Management Limited & Global Initiative Against Transnational Organized Crime. <https://www.iuufishingindex.net>