



Penguatan Sistem Karantina Nasional Berbasis *Digital* dan *Traceability* dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Daya Saing Ekspor Indonesia Menuju Indonesia Emas 2045

Sarwo Sikam^{1*}

¹ Balai Karantina Hewan, Ikan dan Tumbuhan Banten, Indonesia

*Penulis Korespondensi: sarwosikam0369@gmail.com

Abstract. *The increasing demands of global trade, the risk of transboundary diseases, and the stringency of sanitary and phytosanitary (SPS) standards require a more integrated, transparent, and risk-based national quarantine system. The partial readiness of digital systems and traceability mechanisms has the potential to weaken Indonesia's food security and export competitiveness toward the vision of Golden Indonesia 2045. This study aims to analyze the strategic role of the quarantine system in national development, identify institutional and technical root problems, and formulate the most concrete and feasible policy alternatives. The method used is policy analysis with a multi-criteria analysis (MCA) approach to compare several solution alternatives based on effectiveness, efficiency, technical aspects, and political feasibility. The results indicate that the digital transformation of the national quarantine system based on traceability and risk-based intelligence is the most superior policy option, as it can simultaneously address data fragmentation, improve service efficiency, and strengthen biosecurity surveillance. This study recommends the development of a Quarantine Super App, full implementation of e-certification, integration with the National Logistics Ecosystem and Customs, and the strengthening of an artificial intelligence-based risk profiling system. Gradual implementation accompanied by performance indicator-based evaluation is key to the success of the policy in enhancing national food security and export competitiveness.*

Keywords: *Export Competitiveness; Food Security; Golden Indonesia 2045; National Quarantine System; Traceability.*

Abstrak. Meningkatnya tuntutan perdagangan global, risiko penyakit lintas negara, serta ketatnya standar *sanitary and phytosanitary* (SPS) yang menuntut sistem karantina nasional lebih terintegrasi, transparan, dan berbasis risiko. Ketidaksiapan sistem *digital dan traceability* yang masih parsial berpotensi melemahkan ketahanan pangan dan daya saing ekspor Indonesia menuju visi Indonesia Emas 2045. Penelitian ini bertujuan menganalisis peran strategis sistem karantina dalam pembangunan nasional, mengidentifikasi akar permasalahan kelembagaan dan teknis, serta merumuskan alternatif kebijakan yang paling konkret dan feasible. Metode yang digunakan adalah analisis kebijakan dengan pendekatan *multi-criteria analysis* (MCA) untuk membandingkan beberapa alternatif solusi berdasarkan aspek efektivitas, efisiensi, teknis, dan kelayakan politik. Hasil analisis menunjukkan bahwa transformasi digital sistem karantina nasional berbasis *traceability* dan *risk-based intelligence* merupakan kebijakan paling unggul karena mampu mengatasi fragmentasi data, meningkatkan efisiensi layanan, dan memperkuat pengawasan biosecurity secara simultan. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan Super App Karantina, penerapan penuh *e-certification*, integrasi dengan *National Logistics Ecosystem* dan Bea Cukai, serta penguatan sistem *risk profiling* berbasis kecerdasan buatan. Implementasi bertahap disertai evaluasi berbasis indikator kinerja menjadi kunci keberhasilan kebijakan dalam meningkatkan ketahanan pangan dan daya saing ekspor nasional.

Kata Kunci: Daya Saing Ekspor; Indonesia Emas 2045; Ketahanan Pangan; Sistem Karantina Nasional; *Traceability*.

1. PENDAHULUAN

Perjalanan pembangunan Indonesia menuju Indonesia Emas 2045 bukan sekadar slogan pembangunan jangka panjang, melainkan agenda transformasi struktural untuk membawa Indonesia menjadi negara maju dengan ekonomi berdaya saing tinggi, inklusif, dan berkelanjutan. Transformasi menuju negara maju mensyaratkan penguatan daya saing berbasis produktivitas, inovasi, dan kualitas tata kelola institusi (Acemoglu & Robinson, 2012).

Keberhasilan transformasi ekonomi sangat ditentukan oleh kemampuan memperkuat sektor unggulan berbasis sumber daya domestik sekaligus mengintegrasikan diri ke pasar global secara kompetitif. Bagi Indonesia, sektor pangan, pertanian, dan komoditas ekspor strategis menjadi salah satu fondasi utama pembangunan ekonomi jangka panjang (Timmer, 2010).

Salah satu pilar utama dalam visi Indonesia 2045 adalah ketahanan nasional, khususnya ketahanan pangan dan *biosecurity*. Ketahanan pangan tidak hanya dimaknai sebagai ketersediaan produksi domestik, tetapi juga mencakup akses, stabilitas, kualitas gizi, dan keberlanjutan sistem pangan dalam jangka panjang (Godfray et al., 2010). Studi global menunjukkan bahwa sistem pangan modern menghadapi tekanan simultan berupa perubahan iklim, pertumbuhan populasi, degradasi lingkungan, serta volatilitas perdagangan internasional (Springmann et al., 2018; Wheeler & Von Braun, 2013). *Biosecurity* menjadi komponen krusial karena meningkatnya mobilitas barang lintas negara memperbesar risiko penyebaran hama, penyakit hewan, dan patogen tumbuhan yang dapat mengganggu stabilitas produksi nasional (I. Anderson & McEwen, 2004).

Arah pembangunan dalam kerangka RPJPN 2025–2045 menempatkan transformasi sistem pangan sebagai bagian dari strategi ketahanan ekonomi dan ekologi. Secara konseptual, ketahanan pangan merupakan prasyarat bagi stabilitas politik dan pembangunan ekonomi jangka panjang (Pinstrup-Andersen, 2009). Negara dengan sistem pangan yang rentan cenderung mengalami tekanan inflasi, konflik sosial, serta instabilitas makroekonomi (Bellemare, 2015). Selain itu, sistem pangan yang tidak terlindungi dari risiko penyakit atau kontaminasi dapat menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan, baik melalui gangguan produksi domestik maupun pembatasan perdagangan internasional (Narrod, Tiongco, & Costales, 2012). Oleh karena itu, penguatan *biosecurity* melalui sistem karantina nasional menjadi instrumen kebijakan yang esensial untuk melindungi stabilitas nasional sekaligus meningkatkan kredibilitas produk di pasar global (Olson & Roy, 2005).

Menyoroti hal tersebut, maka yang menjadi permasalahan (Problem Statement) adalah belum optimalnya sistem karantina nasional berbasis digital dan traceability karena meningkatnya tuntutan standar perdagangan global *sanitary and phytosanitary* (SPS) untuk mencegah risiko penyebaran penyakit lintas negara sehingga menyebabkan hambatan dan kendala karantina nasional dalam mendukung ketahanan pangan dan daya saing ekspor Indonesia menuju Indonesia Emas 2045. Menyadari dinamika perdagangan global menunjukkan bahwa standar internasional semakin ketat, terutama terkait penerapan *Sanitary and Phytosanitary* (SPS) serta penguatan *biosecurity* akibat meningkatnya risiko penyakit lintas negara. Sistem pengawasan karantina nasional belum sepenuhnya terintegrasi secara

digital, belum optimal berbasis risiko, dan masih menghadapi fragmentasi data antar lembaga. Kondisi ini berpotensi menghambat akses pasar ekspor sekaligus meningkatkan risiko gangguan ketahanan pangan domestic, sehingga menunjukkan ketidaksiapan sistem karantina nasional dalam merespons kompleksitas perdagangan global.

Belum terintegrasinya sistem karantina nasional secara *digital* dan *real-time*, implementasi *traceability* yang masih parsial dan sektoral, serta belum optimalnya penerapan *risk-based inspection* dalam pengawasan komoditas. Selain itu, fragmentasi data antar lembaga, keterbatasan kapasitas SDM dan infrastruktur digital, serta lemahnya koordinasi lintas kementerian/lembaga dalam kerangka *collaborative governance* turut memperparah kondisi tersebut. Permasalahan ini berdampak pada meningkatnya potensi penolakan produk ekspor, kenaikan biaya kepatuhan (*compliance cost*), lambatnya proses sertifikasi, meningkatnya risiko masuknya hama dan penyakit dari luar negeri, serta menurunnya kepercayaan pasar global terhadap sistem pengawasan Indonesia.

Permasalahan tersebut dikarenakan fragmentasi sistem dan data yang belum interoperabel antara sistem karantina, kepabeanan, perdagangan, dan sektor produksi; belum terstandarisasinya *digital governance* dalam bentuk arsitektur data nasional yang integratif; serta sistem *traceability* yang belum mampu melacak komoditas secara komprehensif dari hulu hingga hilir. Selain itu, pendekatan pengawasan yang masih administratif dan belum sepenuhnya berbasis analisis risiko, keterbatasan kapasitas SDM digital, serta belum optimalnya sinergi kebijakan antar lembaga seperti Badan Karantina Indonesia (Barantin), Kementerian Pertanian, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Perdagangan, Direktorat Jenderal Bea dan Cukai, Badan Pangan Nasional, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta Kementerian Komunikasi dan Digital, menjadi faktor utama yang memperlemah efektivitas sistem karantina nasional.

Kerangka lima tahunan, RPJMN 2025–2029 menekankan pentingnya inovasi, digitalisasi, dan penguatan sistem pengawasan perdagangan komoditas. Transformasi digital dalam sektor publik terbukti meningkatkan efisiensi, transparansi, dan akuntabilitas tata kelola (Mergel et al., 2019a). *Digital governance* dalam konteks rantai pasok pangan juga memungkinkan pengawasan berbasis data, penelusuran risiko secara real-time, serta respons yang lebih cepat terhadap potensi gangguan *biosecurity* (Kamilaris et al., 2019). Selain itu, integrasi sistem pengawasan berbasis teknologi terbukti dapat menurunkan biaya transaksi perdagangan dan mempercepat arus ekspor (Grainger, 2014b). Transformasi sistem karantina nasional berbasis digital bukan sekadar reformasi administratif, tetapi strategi peningkatan daya saing ekonomi nasional.

Tekanan global juga semakin intensif melalui rezim perdagangan dan standar keberlanjutan internasional. *Sanitary and Phytosanitary (SPS) Agreement* WTO mengharuskan negara anggota menerapkan standar perlindungan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan berbasis sains, tetapi dalam praktiknya SPS sering berfungsi sebagai hambatan non-tarif yang memengaruhi akses pasar (Roberts & Unnevehr, 2005). Negara eksportir yang tidak memiliki sistem sertifikasi dan pengawasan memadai cenderung menghadapi penolakan produk, peningkatan biaya kepatuhan, dan kehilangan pangsa pasar (Henson & Jaffee, 2008b). Oleh karena itu, integrasi standar SPS dalam sistem karantina nasional menjadi kebutuhan strategis agar Indonesia tidak tertinggal dalam kompetisi global. Selain SPS, kebijakan *European Union Deforestation Regulation (EUDR)* memperketat persyaratan *traceability* untuk memastikan komoditas bebas dari *deforestasi*.

Regulasi EUDR mengharuskan pelacakan hingga ke tingkat lahan produksi, sehingga menuntut sistem dokumentasi yang transparan dan terintegrasi (Commission, 2023). Studi empiris menunjukkan bahwa regulasi keberlanjutan berbasis *traceability* dapat mengubah struktur rantai pasok dan meningkatkan tekanan terhadap negara produsen untuk memperbaiki tata kelola data (de la Vega, 2026; Lambin et al., 2018). Tanpa sistem *traceability* nasional yang kuat, negara eksportir berisiko mengalami eksklusi pasar atau peningkatan biaya kepatuhan yang signifikan. Mekanisme seperti *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)* juga memperluas dimensi pengawasan perdagangan global. CBAM mengenakan biaya atas kandungan karbon produk impor jika negara asal tidak memiliki kebijakan harga karbon yang sebanding (Mehling et al., 2019).

Kebijakan ini menunjukkan bahwa daya saing perdagangan tidak lagi hanya ditentukan oleh harga dan kualitas fisik produk, tetapi juga oleh jejak lingkungan dan transparansi rantai pasok (Cosbey et al., 2019). Kondisi tersebut memperkuat urgensi *digitalisasi sistem* pengawasan dan integrasi data dalam sektor perdagangan komoditas Indonesia. Konsep *traceability* menjadi semakin sentral. *Traceability* dalam rantai pasok pangan didefinisikan sebagai kemampuan untuk menelusuri asal, proses, dan distribusi produk sepanjang siklus hidupnya (Bosona & Gebresenbet, 2013a). Implementasi *traceability* terbukti meningkatkan keamanan pangan, mengurangi risiko penarikan produk, dan memperkuat kepercayaan konsumen (Aung & Chang, 2014b). Selain itu, teknologi seperti *blockchain* dan sistem big data memungkinkan pencatatan transaksi yang transparan dan tidak dapat dimanipulasi, sehingga meningkatkan integritas sistem perdagangan.

Traceability bukan sekadar instrumen teknis, tetapi menjadi fondasi utama daya saing ekspor di era ekonomi digital. Dalam posisi strategisnya, sistem karantina nasional berfungsi sebagai *gatekeeper* yang menjembatani kepentingan domestik dan global. Sistem ini melindungi produksi nasional dari ancaman penyakit lintas batas sekaligus menjamin bahwa produk yang diekspor memenuhi standar internasional (Olson & Roy, 2005). Ketika sistem karantina lemah, dampaknya dapat sangat besar, mulai dari wabah penyakit ternak yang menurunkan produksi hingga larangan ekspor oleh negara mitra dagang (Costard et al., 2009). Sebaliknya, sistem karantina yang terintegrasi digital dan berbasis risiko dapat mempercepat proses sertifikasi, menurunkan biaya logistik, serta meningkatkan reputasi produk nasional di pasar global (Grainger, 2014b; Mergel et al., 2019b).

Sistem karantina nasional menjadi garda terdepan dalam memitigasi risiko tersebut melalui deteksi dini, pengawasan berbasis risiko, dan mekanisme pengendalian yang adaptif. Meningkatnya risiko *emerging infectious diseases* (EID) yang melintasi batas negara. Globalisasi perdagangan, mobilitas manusia dan hewan, serta perubahan iklim telah mempercepat penyebaran patogen lintas wilayah secara signifikan (Allen et al., 2017). Studi *epidemiologis* menunjukkan bahwa lebih dari 60% penyakit infeksi baru bersumber dari *zoonosis*, yang sebagian besar berkaitan dengan interaksi manusia, hewan, dan lingkungan dalam sistem produksi pangan (Taylor et al., 2001). Lemahnya pengawasan di titik masuk dan keluarnya komoditas dapat meningkatkan risiko introduksi penyakit seperti African Swine Fever (ASF), *Avian Influenza*, atau penyakit tanaman invasif yang berpotensi merusak stabilitas produksi domestik (Costard et al., 2009). Meningkatnya hambatan non-tarif perdagangan global yang semakin kompleks dan berbasis standar teknis. Seiring dengan penurunan tarif perdagangan akibat liberalisasi global, instrumen seperti standar sanitasi, *phytosanitary*, dan regulasi keberlanjutan menjadi alat utama pengendali akses pasar (Disdier et al., 2008). Penelitian menunjukkan bahwa regulasi SPS dapat secara signifikan memengaruhi volume perdagangan, terutama bagi negara berkembang yang memiliki keterbatasan kapasitas institusional (Henson & Jaffee, 2008b). Selain itu, penerapan standar lingkungan dan keberlanjutan seperti regulasi deforestasi dan pelaporan jejak karbon memperluas cakupan persyaratan teknis yang harus dipenuhi eksportir (Lambin et al., 2018).

Sistem karantina tidak lagi hanya berfungsi sebagai mekanisme perlindungan domestik, tetapi juga sebagai instrumen legitimasi perdagangan internasional. Ketidaksiapan sistem ketertelusuran (*traceability*) nasional dalam memenuhi tuntutan pasar global yang semakin menekankan transparansi rantai pasok. *Traceability* didefinisikan sebagai kemampuan untuk melacak asal-usul dan pergerakan produk sepanjang rantai nilai, dari produsen hingga

konsumen akhir (Bosona & Gebresenbet, 2013a). Implementasi *traceability* terbukti meningkatkan kepercayaan konsumen dan mempermudah penanganan insiden keamanan pangan (Aung & Chang, 2014b). Namun, tanpa sistem digital terintegrasi, pelacakan produk menjadi lambat, rentan manipulasi, dan tidak memenuhi standar global yang menuntut dokumentasi real-time (Kamilaris et al., 2019). Ketidaksiapan ini dapat mengakibatkan penolakan produk di pasar tujuan, peningkatan biaya kepatuhan, serta hilangnya daya saing komoditas nasional. Selain itu, fragmentasi data dan sistem antar lembaga menjadi tantangan struktural dalam tata kelola karantina nasional. Sistem informasi yang berjalan secara sektoral dan tidak *interoperabel* menghambat integrasi pengawasan lintas kementerian/lembaga, seperti antara karantina, bea cukai, dan otoritas perdagangan (Mergel et al., 2019b). Literatur tentang transformasi digital sektor publik menegaskan bahwa kegagalan integrasi data dapat menurunkan efisiensi kebijakan, meningkatkan biaya transaksi, serta memperlambat pengambilan keputusan berbasis risiko (Janssen & van der Voort, 2016). Perdagangan modern yang menuntut kecepatan dan akurasi informasi, fragmentasi sistem menjadi hambatan serius bagi efektivitas pengawasan dan pelayanan ekspor-impor.

Belum optimalnya sistem karantina nasional berbasis *digital* dan *traceability* mencerminkan adanya kesenjangan antara tuntutan perdagangan global dan kapasitas tata kelola domestik. Transformasi digital sektor publik yang belum terintegrasi secara menyeluruh menghambat efisiensi, transparansi, dan responsivitas pengawasan berbasis risiko (Mergel et al., 2019a). Sistem *traceability* yang belum komprehensif membatasi kemampuan pelacakan asal-usul komoditas dan menurunkan kepercayaan pasar internasional (Bosona & Gebresenbet, 2013a). Kondisi ini berpotensi meningkatkan hambatan non-tarif serta mengurangi daya saing ekspor Indonesia di tengah ketatnya standar keamanan pangan global (Grainger, 2014b). Akar persoalan dalam penguatan sistem karantina nasional terletak pada belum menyeluruhnya integrasi sistem digital antar unit dan antar lembaga.

Transformasi digital sektor publik membutuhkan *interoperabilitas* data, tata kelola yang adaptif, serta integrasi lintas fungsi agar mampu menghasilkan layanan yang efisien dan responsif (Mergel et al., 2019a). Namun, ketika sistem informasi berjalan secara terpisah dan tidak terhubung secara real-time, proses pengawasan menjadi lambat dan rentan duplikasi administrasi (Janssen & van der Voort, 2016). Kondisi ini memperlemah efektivitas pengendalian risiko di pintu masuk dan keluar komoditas. Selain itu, *traceability* masih bersifat parsial dan sektoral, sehingga belum mampu menyediakan pelacakan komoditas yang utuh dari hulu hingga hilir. Literatur menegaskan bahwa sistem ketertelusuran yang terfragmentasi mengurangi transparansi rantai pasok dan membatasi kemampuan penanganan insiden

keamanan pangan secara cepat (Bosona & Gebresenbet, 2013a). Tanpa standar nasional yang terintegrasi, data produksi, distribusi, dan sertifikasi cenderung terpisah, sehingga mengurangi kredibilitas sistem pengawasan di mata pasar global (Aung & Chang, 2014a).

Belum terwujudnya sistem karantina nasional berbasis digital yang terintegrasi, *interoperabel* dan berbasis *traceability* secara hulu–hilir sehingga belum optimal dalam mendukung ketahanan pangan dan daya saing ekspor Indonesia di tengah meningkatnya kompleksitas standar perdagangan global dan risiko *biosecurity* lintas negara. Problem ini bersifat strategis karena berpotensi mengancam stabilitas produksi dan ketahanan pangan nasional, meningkatkan hambatan non-tarif perdagangan, menurunkan reputasi dan daya saing ekspor Indonesia, serta menghambat pencapaian visi Indonesia Emas 2045. Belum optimalnya penerapan *risk-based inspection*. Regulasi berbasis risiko seharusnya mengalokasikan sumber daya pengawasan secara proporsional terhadap tingkat ancaman yang teridentifikasi (Black & Baldwin, 2010). Namun, ketika sistem pengawasan masih dominan administratif dan belum sepenuhnya berbasis analisis data, efektivitas deteksi dini penyakit atau pelanggaran standar menjadi terbatas. Keterbatasan SDM berbasis teknologi yang menghambat percepatan transformasi digital. Studi tentang transformasi digital menunjukkan bahwa kompetensi digital aparatur menjadi faktor kunci keberhasilan reformasi institusi (Vial, 2019). Tanpa peningkatan kapasitas teknis dan analitis, sistem canggih sekalipun tidak akan berfungsi optimal. Koordinasi lintas kementerian/lembaga yang belum solid memperparah fragmentasi kebijakan. Kerangka *collaborative governance* menekankan pentingnya sinergi antar aktor untuk mengatasi persoalan publik yang kompleks (Emerson et al., 2012). Tanpa koordinasi yang kuat, kebijakan karantina sulit berjalan terpadu dalam mendukung ketahanan pangan dan daya saing ekspor.

Secara keseluruhan, kombinasi antara meningkatnya risiko penyakit lintas negara, kompleksitas hambatan non-tarif, lemahnya sistem *traceability*, dan fragmentasi data antar lembaga menunjukkan bahwa penguatan sistem karantina nasional berbasis digital dan integratif bukan lagi pilihan kebijakan, melainkan kebutuhan strategis untuk menjaga ketahanan pangan sekaligus memperkuat daya saing perdagangan Indonesia. Urgensi penguatan sistem karantina nasional berbasis digital dan *traceability* sangat tinggi karena tiga faktor utama. Pertama, transformasi sistem pangan dan *biosecurity* merupakan fondasi pencapaian Indonesia Emas 2045. Kedua, tekanan regulasi global seperti SPS, EUDR, dan CBAM menuntut standar pengawasan dan dokumentasi yang semakin ketat. Ketiga, sistem karantina nasional berperan sebagai gerbang utama perdagangan yang menentukan daya saing ekspor sekaligus menjaga ketahanan pangan domestik.

Penguatan kebijakan melalui integrasi sistem karantina digital nasional yang interoperabel dan real-time lintas kementerian/lembaga, penguatan *traceability* nasional secara hulu–hilir hingga tingkat lahan produksi, serta implementasi risk-based inspection berbasis analisis data dan profiling risiko. Selain itu, peningkatan kapasitas SDM digital melalui pelatihan dan sertifikasi teknis, penguatan *collaborative governance* antara Badan Karantina Indonesia, Kementerian Pertanian, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Perdagangan, Direktorat Jenderal Bea dan Cukai, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan Komdigi serta harmonisasi regulasi nasional dengan standar global seperti SPS, EUDR, dan CBAM menjadi langkah strategis untuk memastikan sistem karantina nasional mampu mendukung ketahanan pangan sekaligus meningkatkan daya saing ekspor Indonesia secara berkelanjutan.

Oleh karena itu, integrasi teknologi digital, *risk-based governance* dan *traceability* dalam sistem karantina bukan sekadar modernisasi birokrasi, tetapi merupakan strategi kebijakan nasional untuk memperkuat posisi Indonesia dalam arsitektur perdagangan global yang semakin kompleks dan berbasis keberlanjutan.

2. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penguatan sistem karantina nasional berbasis *digital* dan *traceability* tidak dapat dilepaskan dari fondasi teoritis yang menjelaskan bagaimana kebijakan publik dirancang, diimplementasikan, dan dievaluasi dalam konteks pembangunan nasional. Secara konseptual, kebijakan ini bersandar pada teori perencanaan pembangunan, ketahanan pangan, tata kelola risiko, hingga transformasi digital pemerintahan.

Teori Perencanaan Pembangunan Nasional

Teori perencanaan pembangunan menekankan pentingnya peran negara dalam mengarahkan transformasi struktural untuk mencapai pertumbuhan ekonomi berkelanjutan dan daya saing global (Todaro & Smith, 2015). Pembangunan tidak hanya berorientasi pada pertumbuhan PDB, tetapi juga pada penguatan institusi dan kapasitas regulatif negara (Acemoglu & Robinson, 2012). Perencanaan jangka panjang RPJPN mencerminkan pendekatan pembangunan strategis yang mengintegrasikan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Literatur pembangunan menegaskan bahwa negara dengan kapasitas institusional kuat cenderung lebih berhasil dalam mengelola integrasi perdagangan global dan risiko eksternal (Rodrik, 2004). Penguatan sistem karantina merupakan bagian dari strategi memperkuat kapasitas negara dalam menjaga stabilitas ekonomi dan ketahanan pangan.

Food Security dan Food Safety

Konsep *food security* merujuk pada kondisi di mana seluruh masyarakat memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk hidup sehat (Organization, 2008). Sementara itu, *food safety* berfokus pada aspek keamanan pangan dari kontaminasi biologis, kimia, maupun fisik sepanjang rantai pasok (Aung & Chang, 2014a). Studi global menunjukkan bahwa sistem pangan yang rentan terhadap gangguan penyakit atau kontaminasi dapat menimbulkan kerugian ekonomi dan sosial yang luas (Godfray et al., 2010). Keamanan pangan dalam perdagangan internasional menjadi prasyarat utama akses pasar. Negara dengan sistem pengawasan lemah berisiko menghadapi penolakan ekspor dan hambatan non-tarif (Henson & Jaffee, 2008a). Sistem karantina nasional berperan dalam menjamin integrasi antara aspek ketahanan pangan domestik dan kepatuhan terhadap standar keamanan global.

One Health Approach

Pendekatan *One Health* menekankan keterkaitan antara kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan dalam satu ekosistem terpadu (Destoumieux-Garzón et al., 2018). 60% penyakit infeksi baru berasal dari *zoonosis*, sehingga pengawasan lintas sektor menjadi sangat penting (Taylor et al., 2001). Pendekatan ini menuntut koordinasi antara otoritas kesehatan, pertanian, lingkungan, dan perdagangan untuk mencegah penyebaran penyakit lintas batas. *One Health* memberikan landasan konseptual bahwa perlindungan terhadap hama dan penyakit bukan sekadar isu pertanian, melainkan bagian dari sistem kesehatan nasional dan global.

Sanitary and Phytosanitary (SPS)

Kerangka *Sanitary and Phytosanitary* (SPS) di bawah WTO mengatur bahwa negara berhak menetapkan standar perlindungan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan sepanjang berbasis bukti ilmiah dan tidak diskriminatif (Roberts & Unnevehr, 2005). Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa SPS sering berfungsi sebagai hambatan non-tarif yang memengaruhi perdagangan negara berkembang (Disdier et al., 2008). Ketika sistem pengawasan domestik tidak sejalan dengan standar internasional, eksportir menghadapi peningkatan biaya kepatuhan dan risiko penolakan produk (Henson & Jaffee, 2008b). Oleh karena itu, harmonisasi standar SPS dalam sistem karantina nasional menjadi prasyarat peningkatan daya saing ekspor.

Border Control System

Konsep *border control system* menekankan pentingnya pengawasan di titik masuk dan keluar negara untuk melindungi keamanan nasional dan stabilitas ekonomi (Grainger, 2014a). Era globalisasi, perbatasan tidak lagi hanya berfungsi sebagai kontrol fisik, tetapi juga sebagai titik integrasi informasi dan manajemen risiko berbasis data. Sistem pengawasan perbatasan

yang efektif harus mampu menyeimbangkan antara kelancaran perdagangan dan perlindungan terhadap *risiko biosecurity* (K. Anderson et al., 2004). Sistem karantina berperan sebagai bagian integral dari arsitektur pengendalian perbatasan modern.

Risk-Based Governance

Pendekatan *risk-based governance* mengalokasikan sumber daya pengawasan berdasarkan tingkat risiko yang teridentifikasi (Black & Baldwin, 2010). Regulasi berbasis risiko dinilai lebih efisien dibandingkan pendekatan administratif seragam, karena mampu memprioritaskan pengawasan pada komoditas atau wilayah berisiko tinggi (Hood et al., 2001). Dalam sistem karantina, penerapan risk profiling berbasis data dapat meningkatkan efektivitas deteksi dini penyakit dan pelanggaran standar perdagangan.

Digital Governance dan Traceability

Transformasi digital pemerintahan atau *digital governance* memungkinkan integrasi data, transparansi, serta peningkatan kualitas pelayanan publik (Mergel et al., 2019a). Penerapan teknologi seperti *blockchain* dan big data memungkinkan sistem *traceability* yang transparan dan real-time (Kamilaris et al., 2019). Meningkatkan kepercayaan pasar, mempercepat respons terhadap insiden keamanan pangan, dan memperkuat reputasi ekspor nasional (Bosona & Gebresenbet, 2013b). Integrasi digital dalam sistem karantina bukan sekadar inovasi teknis, tetapi merupakan instrumen strategis untuk meningkatkan daya saing perdagangan di era ekonomi berbasis data.

Penguatan sistem karantina nasional berbasis *digital* dan *traceability* perlu dianalisis dalam kerangka regulasi dan kebijakan pembangunan yang telah ada. Secara strategis, arah kebijakan tersebut tercermin dalam RPJPN 2025–2045 yang menekankan transformasi ekonomi berkelanjutan berbasis inovasi, ketahanan pangan, dan penguatan tata kelola negara. Literatur pembangunan menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi jangka panjang sangat ditentukan oleh kapasitas institusi dalam mengelola risiko global dan memperkuat daya saing domestik (Acemoglu & Robinson, 2012). RPJPN menjadi fondasi normatif untuk memastikan bahwa sistem karantina tidak hanya berfungsi administratif, tetapi juga sebagai instrumen strategis perlindungan ekonomi nasional. RPJMN 2025–2029 sebagai rencana pembangunan lima tahunan menerjemahkan visi jangka panjang tersebut ke dalam target operasional, termasuk penguatan sistem logistik nasional, digitalisasi pelayanan publik, serta peningkatan kualitas pengawasan perdagangan komoditas. Reformasi birokrasi berbasis digital terbukti meningkatkan efisiensi pelayanan publik dan mengurangi biaya transaksi (Mergel et al., 2019). Dalam konteks perdagangan, integrasi sistem digital memungkinkan percepatan arus barang tanpa mengurangi standar pengawasan, sehingga selaras dengan prinsip trade facilitation

modern (Grainger, 2014b). Pada tataran sektoral, Undang-Undang Sistem Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan menjadi payung hukum utama dalam perlindungan *biosecurity* nasional. UU ini menegaskan fungsi karantina sebagai instrumen pencegahan masuk dan tersebarnya hama serta penyakit lintas negara.

Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip pengawasan berbasis risiko yang direkomendasikan dalam literatur regulasi modern, di mana alokasi sumber daya pengawasan didasarkan pada tingkat ancaman (Black & Baldwin, 2010). Harmonisasi regulasi domestik dengan standar internasional menjadi penting agar kebijakan karantina tidak menimbulkan hambatan perdagangan yang tidak perlu. Di sisi tata kelola logistik, kebijakan *National Logistics Ecosystem* (NLE) dirancang untuk mengintegrasikan proses bisnis logistik antar kementerian/lembaga dalam satu sistem digital terpadu. Konsep ini sejalan dengan pendekatan integrasi sistem perbatasan (*border management integration*) yang dinilai mampu meningkatkan efisiensi sekaligus menjaga kontrol risiko (Grainger, 2014). Integrasi NLE dengan sistem karantina berpotensi menurunkan *dwell time* pelabuhan dan meningkatkan daya saing ekspor nasional, selama tetap mempertahankan standar keamanan pangan dan *biosecurity*.

Kebijakan Satu Data Indonesia (All Indonesia) adalah aplikasi resmi Pemerintah Republik Indonesia yang mengintegrasikan layanan deklarasi keimigrasian, kesehatan, karantina, dan kepabeanan (bea cukai) dalam satu platform digital secara elektronik yang menginformasikan 1. Informasi paspor 2. Informasi penerbangan 3. Tujuan kunjungan 4. Alamat selama berada di Indonesia 5. Informasi terkait barang bawaan (Hewan, Ikan, dan Tumbuhan serta produk turunannya). All Indonesia diluncurkan untuk mendukung transformasi digital pelayanan publik, khususnya untuk mendukung proses deklarasi kedatangan dan keberangkatan penumpang luar negeri yang lebih cepat, aman dan efisien. All Indonesia ini menjadi landasan penting dalam memastikan *interoperabilitas* dan standardisasi data lintas instansi. Studi mengenai tata kelola data publik menunjukkan bahwa integrasi data meningkatkan akurasi kebijakan dan mempercepat pengambilan keputusan berbasis bukti (Janssen & van der Voort, 2016). Tanpa standardisasi metadata dan mekanisme berbagi data, sistem pengawasan lintas sektor sulit berjalan efektif. Selain itu, kebijakan Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) mendorong transformasi digital dalam penyelenggaraan pemerintahan. Digital governance memungkinkan peningkatan transparansi, akuntabilitas dan kualitas pelayanan publik (Mergel et al., 2019). Implementasi SPBE berpotensi memperkuat sistem sertifikasi elektronik, pelacakan dokumen, serta integrasi *risk profiling* berbasis data.

Secara keseluruhan, regulasi dan kebijakan yang telah ada sebenarnya telah menyediakan kerangka normatif dan institusional yang memadai. Tantangannya bukan pada kekosongan regulasi, melainkan pada integrasi implementasi antar kebijakan agar sistem karantina nasional mampu berfungsi sebagai instrumen perlindungan ketahanan pangan sekaligus pendorong daya saing ekspor Indonesia.

3. PILIHAN KEBIJAKAN

Digitalisasi Terintegrasi Sistem Karantina Nasional

Salah satu alternatif kebijakan yang paling strategis adalah digitalisasi terintegrasi sistem karantina nasional melalui pengembangan Super App Karantina, penerapan *e-certification*, serta integrasi penuh dengan Bea Cukai dan *National Logistics Ecosystem* (NLE). Transformasi digital dalam sektor publik terbukti meningkatkan efisiensi pelayanan, memperkuat transparansi, dan mempercepat proses pengambilan keputusan berbasis data (Mergel et al., 2019a). Super App dapat menjadi platform terpadu untuk perizinan, pengajuan sertifikasi, pelacakan dokumen, hingga monitoring risiko secara real-time. Penerapan *e-certification* menjadi elemen kunci dalam modernisasi sistem pengawasan perdagangan. Sertifikasi elektronik mampu mengurangi pemalsuan dokumen, mempercepat proses verifikasi, serta menurunkan biaya transaksi perdagangan lintas negara (Grainger, 2014). Selain itu, integrasi sistem digital memungkinkan penerapan *traceability* berbasis teknologi seperti *blockchain* dan big data *analytics* yang meningkatkan transparansi rantai pasok (Kamilaris et al., 2019). Sistem ketertelusuran yang kuat akan memperkuat kepercayaan pasar global terhadap komoditas ekspor Indonesia (Bosona & Gebresenbet, 2013b). Integrasi dengan Bea Cukai dan NLE menjadi krusial agar pengawasan tidak berjalan secara sektoral. Sistem yang saling terhubung memungkinkan pertukaran data risiko/*risk-based intelligence*, percepatan *clearance* barang, serta pengurangan *dwell time* tanpa mengorbankan aspek *biosecurity*. Pendekatan ini selaras dengan prinsip *trade facilitation modern* yang menekankan keseimbangan antara kelancaran perdagangan dan perlindungan kepentingan nasional (Grainger, 2014b). Digitalisasi terintegrasi sistem karantina nasional bukan sekadar inovasi teknologi, tetapi strategi kebijakan untuk meningkatkan daya saing ekspor, memperkuat ketahanan pangan, dan memastikan pengawasan berbasis risiko/*risk-based intelligence* berjalan efektif di era perdagangan global yang semakin terdigitalisasi.

Penguatan Regulasi dan Harmonisasi SPS Global

Penguatan regulasi nasional melalui harmonisasi standar *Sanitary and Phytosanitary* (SPS) global, yang mencakup simplifikasi regulasi, pembentukan *Mutual Recognition*

Arrangement (MRA), dan standarisasi *traceability* nasional. Dalam konteks perdagangan internasional, regulasi keamanan pangan dan kesehatan hewan/tumbuhan semakin berperan sebagai instrumen non-tarif yang memengaruhi akses pasar (Disdier et al., 2008). Oleh karena itu, penyederhanaan dan harmonisasi regulasi domestik menjadi penting agar tidak terjadi tumpang tindih aturan yang justru meningkatkan biaya kepatuhan bagi pelaku usaha. Simplifikasi regulasi bertujuan menciptakan kepastian hukum dan efisiensi prosedur tanpa mengurangi standar perlindungan *biosecurity*. Literatur menunjukkan bahwa sistem regulasi yang kompleks dan tidak sinkron dapat menurunkan daya saing perdagangan serta meningkatkan risiko sengketa dagang (Roberts & Unnevehr, 2005). Dengan regulasi yang lebih sederhana dan selaras dengan standar internasional, proses ekspor-impor dapat berlangsung lebih cepat dan transparan. Selanjutnya, pembentukan *Mutual Recognition Arrangement* (MRA) dengan negara mitra dagang strategis memungkinkan pengakuan bersama terhadap standar dan sertifikasi karantina. MRA terbukti mampu menurunkan hambatan teknis perdagangan dan memperluas akses pasar, terutama dalam sektor agrifood (Beghin, Maertens, & Swinnen, 2015). Tanpa mekanisme pengakuan bersama, eksportir berisiko menghadapi duplikasi pengujian dan sertifikasi yang meningkatkan biaya transaksi serta menghambat arus perdagangan (Bown & Crowley, 2007). Terakhir, standarisasi *traceability* nasional menjadi fondasi utama harmonisasi SPS. Standar ketertelusuran yang seragam di seluruh wilayah dan sektor akan memperkuat kredibilitas sistem pengawasan nasional di mata mitra dagang. Harmonisasi ini tidak hanya meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi global, tetapi juga mendorong integrasi Indonesia dalam rantai nilai global secara lebih kompetitif (Henson & Jaffee, 2008b). Penguatan regulasi dan harmonisasi SPS global merupakan strategi kebijakan untuk memperkuat posisi Indonesia dalam perdagangan internasional sekaligus menjaga perlindungan terhadap ketahanan pangan nasional.

Penguatan SDM dan Infrastruktur Laboratorium

Penguatan sumber daya manusia (SDM) dan infrastruktur laboratorium sebagai fondasi utama sistem karantina nasional. Transformasi menuju pengawasan berbasis risiko dan digital menuntut aparatur yang memiliki kompetensi analitis dan kemampuan teknologi yang memadai. Pendekatan *risk-based* regulation menekankan bahwa efektivitas pengawasan sangat bergantung pada kapasitas petugas dalam mengidentifikasi, menilai, dan merespons risiko secara proporsional (Black & Baldwin, 2010). Program pelatihan digital *risk profiling* menjadi krusial untuk meningkatkan kemampuan analisis data, pemanfaatan sistem informasi, serta interpretasi hasil laboratorium berbasis bukti ilmiah. Transformasi digital tanpa peningkatan kompetensi SDM akan menghasilkan kesenjangan antara sistem dan pengguna (Vial, 2019).

Selain aspek SDM, modernisasi laboratorium karantina menjadi elemen penting dalam menjamin akurasi dan kecepatan deteksi penyakit maupun kontaminasi. Studi menunjukkan bahwa kualitas infrastruktur pengujian berpengaruh langsung terhadap kepatuhan standar internasional dan akses pasar ekspor (Narrood et al., 2012). Laboratorium yang memenuhi standar internasional mampu meningkatkan kredibilitas sertifikasi serta mengurangi risiko penolakan produk di negara tujuan (Henson & Jaffee, 2008b). Modernisasi meliputi peningkatan peralatan diagnostik, akreditasi laboratorium, serta integrasi hasil uji ke dalam sistem digital nasional. Skema Kerja Sama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan anggaran negara dalam pengembangan laboratorium modern. Literatur tentang *public-private partnership* menunjukkan bahwa kolaborasi pembiayaan infrastruktur dapat meningkatkan efisiensi investasi dan mempercepat penyediaan fasilitas publik (Yescombe, 2011). Dengan skema KPBU yang transparan dan akuntabel, modernisasi laboratorium dapat dilakukan secara berkelanjutan tanpa membebani fiskal secara berlebihan. Penguatan SDM dan infrastruktur laboratorium merupakan prasyarat utama agar sistem karantina Indonesia mampu menjalankan pengawasan berbasis risiko secara efektif dan mendukung daya saing ekspor Indonesia di pasar global.

Tabel 1. Skoring Alternatif Kebijakan.

Alternatif Kebijakan	Efektivitas	Efisiensi	Teknis	Politik	Total Skor
Digitalisasi Terintegrasi Sistem Karantina Nasional	5	4	4	4	17
Penguatan Regulasi & Harmonisasi SPS	4	4	3	5	16
Penguatan SDM & Laboratorium	4	3	4	4	15

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Hasil analisis multi-kriteria, alternative Digitalisasi Terintegrasi Sistem Karantina Nasional memperoleh skor tertinggi sebesar 17. Alternatif ini dinilai paling efektif karena secara langsung menjawab akar persoalan utama, yakni fragmentasi sistem, lemahnya *traceability*, dan belum optimalnya pengawasan berbasis risiko/ *risk-based intelligence*. Dari sisi efisiensi, digitalisasi mampu menurunkan biaya administrasi dan mempercepat proses layanan tanpa memerlukan reformasi struktural yang terlalu kompleks. Secara teknis, kesiapan infrastruktur digital nasional seperti SPBE dan NLE mendukung implementasinya, sementara dari sisi politik, kebijakan ini relatif mendapat dukungan karena selaras dengan agenda transformasi digital pemerintah. Sementara itu, alternatif Penguatan Regulasi dan Harmonisasi SPS memperoleh skor 16, dengan kekuatan utama pada aspek politik dan legal karena memperkuat posisi Indonesia dalam kerangka perdagangan global. Namun, efektivitas dan kelayakan teknisnya sedikit lebih rendah karena tanpa dukungan digitalisasi, harmonisasi regulasi berpotensi tidak optimal dalam praktik operasional. Adapun alternatif Penguatan SDM

dan Laboratorium memperoleh skor 15. Meskipun penting untuk keberlanjutan jangka panjang, alternatif ini membutuhkan investasi besar dan waktu implementasi yang lebih panjang, sehingga dampaknya terhadap perbaikan sistem secara menyeluruh dinilai lebih gradual dibandingkan digitalisasi terintegrasi.

4. REKOMENDASI KEBIJAKAN

Digitalisasi Terintegrasi Sistem Karantina Nasional, merupakan transformasi digital sistem berbasis *traceability* dan *risk-based intelligence* merupakan kebijakan yang direkomendasi berdasarkan hasil analisis multi-kriteria karena dinilai paling mampu menjawab akar persoalan sistemik yang dihadapi tata kelola karantina nasional. Kebijakan ini diarahkan untuk membangun sistem pengawasan terpadu yang mengintegrasikan sertifikasi elektronik, pelacakan komoditas secara *real-time*, serta *analisis risiko* berbasis data dalam satu ekosistem digital. Transformasi digital dalam sektor publik terbukti meningkatkan efisiensi operasional, transparansi proses, dan akuntabilitas layanan pemerintahan (Mergel et al., 2019a). Perdagangan internasional dan *biosecurity*, digitalisasi sistem ketertelusuran memungkinkan verifikasi lintas negara yang lebih cepat dan terpercaya, sekaligus memperkuat kredibilitas ekspor nasional (Kamilaris et al., 2019).

Pendekatan pengawasan berbasis risiko dinilai lebih responsif dibandingkan pola administratif konvensional karena mampu memprioritaskan inspeksi pada komoditas atau jalur perdagangan dengan tingkat ancaman lebih tinggi (Black & Baldwin, 2010). Desain kebijakan ini disusun secara sistematis dengan tujuan utama meningkatkan efektivitas pengawasan karantina melalui *risk profiling* berbasis data, memperkuat sistem *traceability* nasional agar selaras dengan standar perdagangan global, serta mempercepat proses ekspor-impor tanpa mengurangi perlindungan terhadap ancaman hama dan penyakit lintas negara. Integrasi digital terbukti mampu menyeimbangkan antara kelancaran arus barang dan pengendalian risiko perbatasan, sebagaimana ditegaskan dalam literatur *trade facilitation modern* (Grainger, 2014a).

Mekanisme kerja kebijakan diwujudkan melalui pengembangan Super App Barantin untuk mengintegrasikan layanan karantina hewan, ikan, dan tumbuhan, serta memperkuat sistem BestTrust (Barantin *Electronic System for Transaction and Utility Service Technology*) adalah sistem layanan digital terpadu dari Badan Karantina Indonesia (Barantin) yang mempermudah, mempercepat dan meningkatkan transparansi pengurusan dokumen karantina (hewan, ikan, tumbuhan) secara *online* dan *paperless*. Sebagai portal terpadu untuk layanan permohonan tindak karantina (PTK) hingga penerbitan *Phytosanitary certificate* serta

pemantauan status komoditas. Sistem *e-certification* diterapkan untuk menggantikan dokumen manual sehingga meminimalkan risiko pemalsuan dan mempercepat verifikasi. Sasaran kebijakan layanan terpadu ini mencakup seluruh Unit Pelaksana Teknis (UPT) Badan Karantina Indonesia dan pelaku usaha ekspor-impor komoditas hewan, ikan, dan tumbuhan serta instansi pendukung seperti Kementerian Perdagangan dengan kewenangan memonitor Surat Izin Usaha Perdagangan (SIUP), Kementerian Kehutanan dengan kewenangan memonitor perdagangan internasional spesimen hewan dan tumbuhan liar yang dilindungi (Cites), Kementerian Kelautan dan Perikanan dengan kewenangan memonitor spesimen hewan dan tumbuhan air yang dilindungi (Cites), Majelis Ulama Indonesia dengan kewenangan memonitor penetapan standar halal dan Kementerian Pertanian dengan kewenangan memonitor SIP Mentan. Aktor pelaksana utama adalah Badan Karantina Indonesia sebagai koordinator kebijakan. Implementasi lintas lembaga ini memerlukan pendekatan kolaboratif agar integrasi sistem berjalan efektif dan tidak terfragmentasi (Janssen & van der Voort, 2016).

BestTrust (Barantin *Electronic System for Transaction and Utility Service Technology*) dan CEISA (Customs-Excise Information System and Automation) adalah sistem aplikasi berbasis *web* terintegrasi dari Direktorat Jenderal Bea dan Cukai (DJBC) untuk melayani administrasi kepabeanan dan cukai secara *real-time*, terintegrasi menjadi SSM QC (*Single Submission Quarantine Customs*) adalah sistem integrasi layanan kepabeanan dan karantina yang memungkinkan pelaku usaha menyampaikan dokumen Permohonan Tindakan Karantina (PTK) dan Pemberitahuan Pabean (Impor/Ekspor) secara bersamaan (paralel) dalam satu pintu. Sistem ini bertujuan mempercepat waktu, memangkas biaya, dan menyederhanakan proses pemeriksaan. Integrasi sistem dilakukan dengan memastikan *interoperabilitas* data dan standardisasi metadata sesuai prinsip digital *governance*, yang menekankan konektivitas *real-time* dan pertukaran informasi yang aman (Mergel et al., 2019). SSM QC merupakan bagian dari penataan *National Logistics Ecosystem* (NLE) untuk efisiensi logistik nasional. SSM QC (*Single Submission Quarantine Customs*) di bawah koordinasi *Indonesia National Single Window* (INSW). INSW dikelola oleh Lembaga *National Single Window* (LNSW) yakni Instansi di bawah Kementerian Keuangan. SSM QC di Indonesia mencakup lembaga pemerintah yang mengelola logistik, karantina dan pabean yakni Dirjen Bea dan Cukai bertugas dalam pemrosesan data pemberitahuan pabean impor/ekspor; Badan Karantina Indonesia (Barantin) bertugas memproses Permohonan Tindakan Karantina (PTK); PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) menyediakan infrastruktur fisik dan pendukung operasional di pelabuhan; Stranas PK (Strategi Nasional Pencegahan Korupsi) memantau implementasi sistem SSM QC untuk efisiensi layanan.

Untuk meningkatkan daya saing ekspor Indonesia Badan Karantina Nasional perlu mengusulkan tambahan kelengkapan dokumen Permohonan Tindakan Karantina (PTK) yakni *traceability* pada sistem SSM QC kepada Lembaga National Single Window (LNSW) Kementerian Keuangan sebagai pengelola SSM QC. *Traceability* adalah sistem pencatatan dan kemampuan untuk melacak riwayat, lokasi, serta aliran produk di sepanjang rantai pasok, mulai dari bahan baku, produksi, distribusi, hingga ke tangan konsumen. Sistem ini penting untuk memastikan keamanan pangan/produk, kualitas, efisiensi, dan memberikan kepercayaan kepada konsumen. *Traceability* bisa membantu menjaga kesehatan tubuh tanpa perlu repot mencari tahu lagi, kita sudah punya data yang cukup lengkap. Penerapan *traceability* dalam bentuk penggunaan *barcodes* atau *QR codes* pada kemasan.

Sedangkan untuk meningkatkan pengawasan perlu diterapkan *risk-based intelligence* (intelijen berbasis risiko) adalah pendekatan strategis dalam manajemen risiko yang menggunakan pengumpulan informasi, data, dan analitik secara proaktif untuk mengidentifikasi, menilai, dan memitigasi potensi risiko sebelum menjadi ancaman nyata. Berbeda dengan manajemen risiko tradisional yang sering bersifat reaktif (berdasarkan data masa lalu), *risk-based intelligence* berfokus pada pandangan ke depan (*forward-looking*) dan menggunakan wawasan waktu nyata (*real-time insights*) untuk memprioritaskan sumber daya pada ancaman yang paling signifikan. Penerapan *risk-based intelligence* (intelijen berbasis risiko) menggunakan analitik canggih, AI, dan data eksternal/internal untuk memprediksi risiko, bukan sekadar melaporkan apa yang sudah terjadi. Komponen utamanya mencakup pengumpulan data, analisis data, penilaian dampak/probabilitas, mitigasi, dan pemantauan berkelanjutan. Badan Karantina Indonesia bisa kerja sama dengan lembaga sertifikasi independen seperti Komite Akreditasi Nasional (KAN) yang dapat menerbitkan ISO 31000:2018 sebagai pedoman manajemen risiko untuk membangun kerangka kerja yang kuat.

Keberhasilan implementasi transformasi digital sistem karantina nasional diukur melalui beberapa indikator utama.

Pertama, penurunan *dwell time* di pelabuhan dan bandara sebagai indikator efisiensi proses *clearance*. *Literatur trade facilitation* menunjukkan bahwa penyederhanaan prosedur dan integrasi sistem digital secara signifikan mengurangi waktu tunggu barang dan biaya logistik (Grainger, 2014a).

Kedua, peningkatan nilai ekspor komoditas pertanian, perikanan, dan peternakan, yang mencerminkan meningkatnya daya saing dan kepercayaan pasar global. Standar keamanan pangan dan kepatuhan SPS terbukti berpengaruh terhadap akses pasar dan volume perdagangan (Disdier et al., 2008).

Ketiga, penurunan kasus pelanggaran SPS atau penolakan produk di negara tujuan menjadi indikator efektivitas pengawasan dan kualitas sertifikasi nasional. Negara yang mampu menyesuaikan sistem pengawasannya dengan standar internasional cenderung mengalami penurunan hambatan teknis perdagangan (Henson & Jaffee, 2008b).

Keempat, tingkat integrasi data lintas kementerian/lembaga, yang diukur melalui interoperabilitas sistem dan pertukaran data real-time. Tata kelola adaptif berbasis integrasi data meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dan koordinasi kebijakan (Janssen & van der Voort, 2016)

Dengan demikian diharapkan digitalisasi terintegrasi sistem Karantina Nasional dapat menjadi solusi paling konkret dan *feasible* karena tidak hanya memperbaiki tata kelola internal, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan serta meningkatkan daya saing ekspor Indonesia menuju Indonesia Emas 2045.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penguatan sistem karantina nasional merupakan kebutuhan strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan daya saing ekspor Indonesia menuju visi Indonesia Emas 2045. Hasil analisis menunjukkan bahwa persoalan utama bukan terletak pada kekosongan regulasi, melainkan pada belum optimalnya integrasi digital, sistem traceability yang masih parsial, serta pengawasan berbasis risiko yang belum sepenuhnya diterapkan secara sistematis. Fragmentasi data antar lembaga dan keterbatasan interoperabilitas sistem menjadi faktor kunci yang menghambat efektivitas pengendalian *biosecurity* sekaligus memperlambat proses perdagangan. Dengan demikian, transformasi kelembagaan berbasis teknologi menjadi prasyarat untuk memperkuat posisi Indonesia dalam tata kelola perdagangan global yang semakin berbasis standar, transparansi, dan akuntabilitas.

Berdasarkan evaluasi alternatif kebijakan melalui pendekatan multi-kriteria, Transformasi Digital Sistem Karantina Nasional berbasis *traceability* dan *risk-based intelligence* merupakan kebijakan paling konkret dan *feasible*. Kebijakan ini mampu menjawab akar masalah integrasi sistem, meningkatkan efisiensi layanan, serta memperkuat pengawasan terhadap risiko penyakit lintas negara dan pelanggaran standar SPS. Secara teoretis, temuan ini memperkuat relevansi pendekatan *digital governance* dan *risk-based regulation* dalam konteks perencanaan pembangunan nasional. Secara praktis, kebijakan ini berimplikasi pada percepatan *dwell time*, peningkatan kepercayaan pasar internasional, serta penurunan potensi hambatan non-tarif yang merugikan ekspor Indonesia.

Urgensi kebijakan semakin menguat ketika dikaitkan dengan dinamika global seperti pengetatan standar perdagangan, tuntutan ketertelusuran komoditas, serta meningkatnya risiko penyakit lintas batas. Tanpa intervensi pemerintah yang terarah dan terintegrasi, Indonesia berpotensi menghadapi peningkatan biaya kepatuhan, penolakan produk ekspor, dan kerentanan terhadap ancaman *biosecurity* domestik. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan yang tidak hanya bersifat administratif, tetapi transformasional dan berbasis data.

Pemerintah perlu menetapkan regulasi turunan yang memperkuat integrasi sistem karantina dengan *National Logistics Ecosystem* dan Bea Cukai, memperluas penerapan *e-certification* secara nasional, serta mengembangkan pusat data *risk profiling* berbasis kecerdasan buatan. Di tingkat daerah, diperlukan penguatan kapasitas UPT karantina melalui pelatihan digital dan peningkatan infrastruktur laboratorium yang terstandar.. Dengan langkah yang sistematis dan kolaboratif, transformasi digital sistem karantina nasional diharapkan mampu menjadi instrumen strategis dalam menjaga ketahanan pangan sekaligus meningkatkan daya saing ekspor Indonesia di era ekonomi global yang terdigitalisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012). *Why nations fail: The origins of power, prosperity, and poverty*.
- Allen, T., Murray, K. A., Zambrana-Torrel, C., et al. (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications*, 8, 1124. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>
- Anderson, I., & McEwen, S. (2004). The globalization of animal health. *Revue Scientifique et Technique*, 23(2). <https://doi.org/10.20506/rst.23.2.1506>
- Anderson, K., McRae, C., & Wilson, D. (2004). The economics of quarantine and the SPS agreement. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 48(4), 525–546. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2004.00259.x>
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014a). Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. *Food Control*, 39, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.032>
- Aung, M. M., & Chang, Y. S. (2014b). Traceability in a food supply chain. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.032>
- Beghin, J. C., Maertens, M., & Swinnen, J. F. M. (2015). Nontariff measures and standards in trade and global value chains. *Annual Review of Resource Economics*, 7, 425–450. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100814-125024>

- Bellemare, M. F. (2015). Rising food prices, food price volatility, and social unrest. *American Journal of Agricultural Economics*. <https://doi.org/10.1093/ajae/aav002>
- Black, J., & Baldwin, R. (2010). Really responsive risk-based regulation. *Law & Policy*, 32(2), 181–213. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9930.2010.00318.x>
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013a). Food traceability as an integral part of logistics management. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.08.037>
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013b). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.08.037>
- Bown, C. P., & Crowley, M. A. (2007). Trade deflection and trade depression. *Journal of International Economics*, 72(1), 176–201. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2006.09.005>
- Cosbey, A., Droege, S., Fischer, C., & Munnings, C. (2019). Developing guidance for implementing border carbon adjustments. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.045>
- Costard, S., Wieland, B., de Glanville, W., Jori, F., Rowlands, R., Vosloo, W., et al. (2009). African swine fever: How can global spread be prevented? *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364(1530), 2683–2696. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0098>
- de la Vega, P. (2026). The European Union deforestation regulation: The impact on Argentina. *Ecological Economics*, 240, 108836. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108836>
- Destoumieux-Garzón, D., et al. (2018). The One Health concept. *Veterinary Research*, 49(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s13567-017-0503-6>
- Disdier, A.-C., Fontagné, L., & Mimouni, M. (2008). The impact of regulations on agricultural trade. *American Journal of Agricultural Economics*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2007.01027.x>
- Emerson, K., Nabatchi, T., & Balogh, S. (2012). An integrative framework for collaborative governance. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 22(1), 1–29. <https://doi.org/10.1093/jopart/mus011>
- European Commission. (2023). *Regulation (EU) 2023/1115 on deforestation-free products*. European Union.
- Food and Agriculture Organization. (2008). *An introduction to the basic concepts of food security*. FAO.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., et al. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>

- Grainger, A. (2014a). Trade facilitation: A conceptual review. *Journal of World Trade*, 48(2), 337–370.
- Grainger, A. (2014b). Trade facilitation and the WTO. *World Trade Review*. <https://doi.org/10.1017/S1474745614000018>
- Henson, S., & Jaffee, S. (2008a). Developing country responses to food safety standards. *World Bank Research Observer*, 23(1), 53–83. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkn008>
- Henson, S., & Jaffee, S. (2008b). Understanding developing country strategic responses to the enhancement of food safety standards. *World Bank Research Observer*. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkn008>
- Hood, C., Rothstein, H., & Baldwin, R. (2001). *The government of risk*. Oxford University Press.
- Janssen, M., & van der Voort, H. (2016). Adaptive governance: Towards a stable, accountable and responsive government. *Government Information Quarterly*, 33(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.02.003>
- Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldu, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.017>
- Kshetri, N. (2014). Cybersecurity and international trade: A framework. *Journal of International Commerce and Economics*, 6(3), 1–21. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2412477>
- Lambin, E. F., Gibbs, H. K., Heilmayr, R., Carlson, K. M., Fleck, L. C., Garrett, R. D., et al. (2018). The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.aar7081>
- Mehling, M., van Asselt, H., Das, K., Droege, S., & Verkuijl, C. (2019). Designing border carbon adjustments for enhanced climate action. *Climate Policy*. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1562873>
- Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019a). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4). <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
- Mergel, I., Edelmann, N., & Haug, N. (2019b). Defining digital transformation in the public sector. *Government Information Quarterly*. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.101385>
- Narro, C., Tiongco, M., & Costales, A. (2012). Globalization and sanitary standards. *Food Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.02.002>

- Narrood, C., Zinsstag, J., & Tiongco, M. M. (2012). A One Health framework for estimating the economic costs of zoonotic diseases. *EcoHealth*, 9, 150–162. <https://doi.org/10.1007/s10393-012-0747-9>
- Olson, L. J., & Roy, S. (2005). On prevention and control of an uncertain invasive species. *Journal of Environmental Economics and Management*, 49(3), 446–464. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2004.08.001>
- Pinstrup-Andersen, P. (2009). Food security: Definition and measurement. *Food Security*. <https://doi.org/10.1007/s12571-009-0001-5>
- Roberts, D., & Unnevehr, L. (2005). Resolving trade disputes arising from trends in food safety regulation. *American Journal of Agricultural Economics*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2005.00759.x>
- Rodrik, D. (2004). *Industrial policy for the twenty-first century* (CEPR Discussion Paper).
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D’Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., et al. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>
- Taylor, L. H., Latham, S. M., & Woolhouse, M. E. J. (2001). Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 356(1411), 983–989. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0888>
- Timmer, C. P. (2010). *Food security and scarcity: Why ending hunger is so hard*. University of Pennsylvania Press.
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2015). *Economic development* (12th ed.). Pearson.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Wheeler, T., & von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*. <https://doi.org/10.1126/science.1239402>
- Yescombe, E. R. (2011). Public-private partnerships and infrastructure development. *International Journal of Public Sector Management*, 24(6), 532–545. <https://doi.org/10.1108/09513551111163675>