

Analisis Faktor Penentu Implementasi Sistem Ketertelusuran pada Produk Perikanan: Sebuah Kajian Literatur

Analysis of Determining Factors in The Implementation of Traceability Systems For Fishery Products: A Literature Review

Andri Pratama

Teknologi Rekayasa Logistik, Politeknik Sinar Mas Berau Coal
Jl. Raja Alam II, Rinding, Kec. Tlk. Bayur, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur 77315, Indonesia

ARTICLE INFO

Diterima tanggal : 10 Oktober 2024
Perbaikan naskah: 13 April 2025
Disetujui terbit : 12 Juni 2025

Korespondensi penulis:
Email: andri.pratama@
polteksimasberau.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jsekp.v20i1.15083>



ABSTRAK

Permasalahan utama dalam distribusi produk perikanan adalah tingginya tingkat kerusakan, yang tidak hanya menurunkan nilai jual tetapi juga menyebabkan penolakan di lokasi bongkar dan berisiko terhadap kesehatan konsumen. Kerusakan ini umumnya terjadi karena lemahnya pengawasan dalam rantai pasok yang belum sepenuhnya terdokumentasi dan terintegrasi. Untuk mengatasi hal tersebut, penerapan sistem ketertelusuran berbasis teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan *blockchain* menjadi sangat penting. Sistem ini memungkinkan pelacakan produk secara real time, mencakup informasi mengenai asal-usul, proses penanganan, hingga kondisi pengiriman produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mendorong implementasi sistem ketertelusuran pada produk perikanan. Metode yang digunakan adalah kajian literatur terhadap publikasi ilmiah terakreditasi dengan fokus pada topik sistem ketertelusuran dalam sektor perikanan. Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi sistem ini sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis kepulauan, kebutuhan untuk memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu, serta urgensi menghindari ketidaksesuaian produk yang berisiko menurunkan kualitas dan kepercayaan pasar. Integrasi sistem ketertelusuran dengan teknologi digital terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengawasan mutu dalam rantai pasok perikanan, serta memperkuat transparansi dan akuntabilitas antar aktor yang terlibat.

Kata Kunci: sistem ketertelusuran; produk perikanan; rantai pasok; keamanan pangan; kajian literatur

ABSTRACT

The primary issue in the distribution of fishery products is the high rate of product damage, which not only reduces market value but also leads to rejection at unloading points and poses health risks to consumers. This damage typically results from weak oversight within the supply chain, which remains poorly documented and lacks full integration. To address this, implementing a traceability system based on technologies such as the *Internet of Things* (IoT) and *blockchain* has become increasingly important. These systems enable real-time product tracking, including information on origin, handling processes, and shipping conditions. This study aims to identify the key factors driving the implementation of traceability systems in fishery products. The method employed is a literature review of accredited scientific publications focusing on traceability systems within the fisheries sector. The findings reveal that implementation is strongly influenced by Indonesia's archipelagic geography, the need to meet consumer demand in a timely manner, and the urgency to prevent product inconsistencies that can undermine quality and market trust. Integrating traceability systems with digital technologies has proven effective in improving quality control efficiency within the fishery supply chain, while also enhancing transparency and accountability among the actors involved.

Keywords: traceability system; fishery products; supply chain; food safety; literature review

PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, rantai pasok mengalami peningkatan kompleksitas yang berdampak pada meningkatnya risiko dan gangguan dalam berbagai tahapan distribusi produk (Pettit et al., 2013). Permasalahan seperti keterlambatan pengiriman dan kerusakan produk selama proses distribusi menjadi tantangan utama yang dapat mengurangi tingkat kepercayaan konsumen. Kondisi ini tidak hanya terjadi pada industri secara umum, tetapi juga sangat relevan dalam konteks

sektor perikanan, yang produknya dikenal mudah rusak dan memerlukan penanganan cepat serta tepat sejak tahap pascapanen.

Penanganan produk perikanan, mulai dari penyediaan, penyimpanan, hingga transportasi, harus menjamin keamanan dan mutu produk agar tetap layak konsumsi. Namun demikian, berbagai kendala seperti infrastruktur terbatas, pasokan bahan baku yang tidak merata, panjangnya rantai pemasaran, serta biaya logistik yang tinggi

menyebabkan kerusakan produk perikanan sering terjadi secara berulang tanpa identifikasi titik lemah yang jelas di sepanjang rantai pasok.

Dalam konteks ini, sistem ketertelusuran menjadi instrumen penting untuk menelusuri alur distribusi produk dan mengidentifikasi titik-titik kritis yang menyebabkan kerusakan (Dabbene *et al.*, 2014). Sistem pelacakan yang semula difokuskan pada deteksi kontaminasi pangan kini telah berevolusi menjadi alat strategis dalam memastikan transparansi, efisiensi, dan akuntabilitas dalam manajemen rantai pasok (Maruchek *et al.*, 2011). Dalam industri perikanan, ketertelusuran memungkinkan pengumpulan informasi lengkap sejak penangkapan ikan hingga ke tangan konsumen, termasuk proses penyimpanan, pengangkutan, dan penjualan.

Namun demikian, penerapan sistem ketertelusuran tidak terlepas dari tantangan, terutama dalam hal integrasi teknologi yang dapat menghubungkan seluruh data dari berbagai tahapan produksi (Liu & Gao, 2016). Revolusi industri 4.0 menghadirkan peluang melalui digitalisasi dan inovasi teknologi, termasuk pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) dan blockchain yang memungkinkan pelaku usaha memantau pergerakan produk secara real time serta mengidentifikasi potensi risiko di sepanjang rantai pasok (Ivanov & Dolgui, 2021). Sistem ketertelusuran yang efektif juga menuntut identifikasi semua aktor yang terlibat dalam distribusi, serta kemampuan untuk menyajikan informasi secara konsisten dan terdokumentasi (Hu *et al.*, 2013).

Salah satu studi kasus yang menonjol adalah implementasi teknologi blockchain oleh Walmart dalam sistem pelacakan produk daging babi di Tiongkok dan mangga di Amerika Serikat. Sistem ini mampu memangkas waktu pelacakan asal usul produk dari tujuh hari menjadi hanya 2,2 detik (Kamath, 1979), menunjukkan potensi besar sistem digital dalam meningkatkan efisiensi distribusi.

Selain menjamin keamanan dan mutu, sistem ketertelusuran juga berperan dalam mengidentifikasi kesalahan prosedural pada tahap pascapanen, yang sering kali menjadi penyebab utama kerusakan produk dan kegagalan mutu. Ketidakesesuaian dalam prosedur distribusi dapat berdampak pada menurunnya kepercayaan dan reputasi industri perikanan (Maruchek *et al.*, 2011; Morana, 2016). Meningkatnya kesadaran konsumen terhadap kualitas dan keamanan produk turut memperkuat urgensi adopsi sistem ketertelusuran (Mirabelli & Solina, 2020).

Sejumlah studi terdahulu telah menekankan pentingnya integrasi sistem ketertelusuran ke dalam praktik bisnis untuk menjamin keamanan dan efisiensi distribusi produk (Dabbene *et al.*, 2014; Hu *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2018). Namun, masih terdapat kesenjangan dalam menjelaskan secara mendalam faktor-faktor yang mendorong atau menghambat implementasi sistem ini dalam konteks sektor perikanan, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia (Kros *et al.*, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penentu implementasi sistem ketertelusuran pada produk perikanan melalui pendekatan kajian literatur. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam merumuskan strategi peningkatan ketelusuran distribusi produk perikanan yang lebih efisien, transparan, dan akuntabel.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur (*Literature Review*). Kajian literatur merupakan penelitian yang mengkaji secara lebih mendalam terkait pengetahuan, gagasan, atau temuan yang terdapat didalam tubuh literatur yang berorientasi pada kajian akademik, serta merumuskan kontribusi teoritis dan metodologisnya untuk topik tertentu. Metode pengumpulan data pada penelitian ini dengan pencarian jurnal dengan kata kunci sistem ketertelusuran, rantai pasok produk perikanan, hingga keamanan produk perikanan, pemilihan jurnal dilakukan dan menyesuaikan dengan topik yang akan dibahas yaitu sistem ketertelusuran produk perikanan. Selanjutnya, metode kajian literatur ini disintesis dengan menggunakan metode naratif dengan mengumpulkan data-data hasil ekstraksi data yang sejenis dan digunakan untuk menjawab tujuan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lakukan secara online dengan memanfaatkan website pencarian jurnal (*google scholar*). Pencarian jurnal ini dilakukan di Perpustakaan Institut Pertanian Bogor. Waktu Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2024.

Jenis dan Metode Pengambilan Data

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data sekunder. Data sekunder yang diperoleh dalam penelitian ini bersumber dari kumpulan jurnal

yang berfokus pada topik sistem ketertelusuran, rantai pasok produk perikanan, hingga keamanan produk perikanan. Pengambilan data diperoleh dari database elektronik seperti *google scholar*. Teknik pengambilan sampel yang digunakan ialah *purposive sampling* dengan menentukan kriteria tertentu. Kriteria yang digunakan dalam pengambilan sampel ini ialah bersumber dari jurnal dan fokus dalam membahas sistem ketertelusuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan Rantai Pasok Produk Perikanan

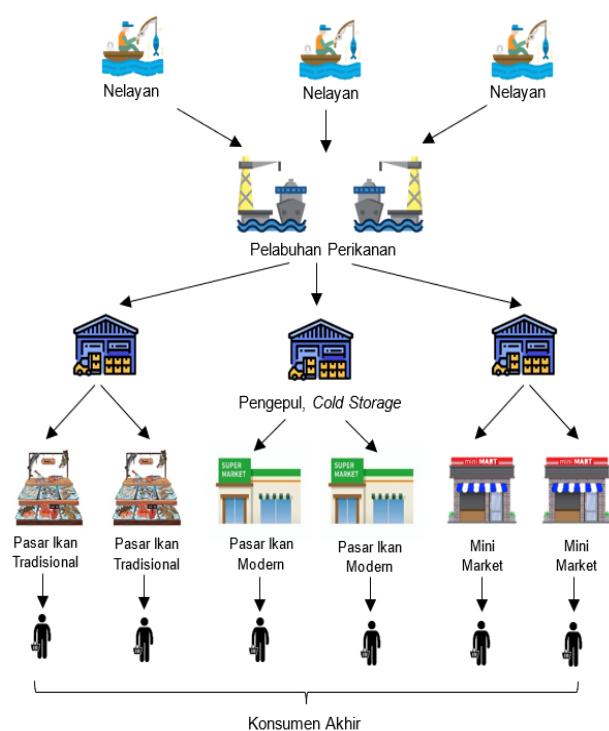
Perancangan jaringan rantai pasok yang tepat untuk produk segar, termasuk produk perikanan, merupakan langkah krusial tidak hanya untuk menjaga kualitas produk tetapi juga untuk menekan biaya logistik guna memenuhi kebutuhan konsumen secara efisien. Namun, masih sedikit studi yang secara eksplisit mempertimbangkan karakteristik produk segar yang mudah rusak dalam desain jaringan rantai pasok (Tsao, 2013; Pratama *et al.*, 2024). Produk segar seperti hasil perikanan dikategorikan dalam sistem rantai dingin, yang menuntut penyimpanan dalam suhu rendah guna mempertahankan mutu (Cai *et al.*, 2010). Kegagalan dalam menjaga suhu selama proses distribusi menyebabkan penurunan mutu produk secara signifikan.

Beberapa laporan menunjukkan bahwa produk pangan dapat mengalami kerusakan hingga 15% akibat pembusukan selama proses pengiriman. Di Indonesia, kerusakan produk perikanan bahkan mencapai 30% sepanjang proses distribusi (Poernomo & Poernomo, 2020). Tingginya tingkat kerusakan ini umumnya terjadi di negara-negara berkembang yang belum memiliki fasilitas transportasi dan sistem logistik yang canggih (Ferguson & Ketzenberg, 2006).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran konsumen terhadap keamanan pangan, yang dipicu oleh pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya standar hidup, tuntutan terhadap kualitas produk pun semakin tinggi (Lin *et al.*, 2019). Namun demikian, dalam praktiknya, keamanan produk sepanjang rantai pasok masih menghadapi berbagai tantangan, terutama pada produk yang mudah rusak. Konsumen tidak memiliki akses terhadap seluruh informasi dalam rantai pasok pangan, sehingga kesalahan distribusi sulit dikenali dan mengakibatkan tingginya risiko terhadap mutu produk (Lan & Po Shun, 2017).

Jaringan rantai pasok sendiri melibatkan beragam aktor dan proses yang kompleks, mulai

dari perencanaan, pengadaan, produksi, hingga distribusi barang dan jasa melalui berbagai mitra bisnis (Lyles *et al.*, 2008). Dalam konteks produk perikanan, aktor-aktor tersebut mencakup nelayan, pengepul, perusahaan pengolah hasil perikanan, pergudangan, sektor transportasi, hingga konsumen akhir. Kompleksitas dan luasnya jangkauan jaringan ini menyulitkan pemantauan atas pergerakan dan jaminan keamanan produk perikanan. Oleh karena itu, diperlukan sistem integrasi dalam rantai pasok guna memastikan keandalan dan efisiensi distribusi (Pratama & Purwangka, 2024). Jaringan rantai pasok produk perikanan yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Jaringan Rantai Pasok Produk Perikanan.

Integrasi aktor dalam distribusi produk perikanan mencakup keterhubungan berbagai pihak dalam rantai pasok, mulai dari produsen atau pemasok utama seperti nelayan, tengkulak, penyedia fasilitas penyimpanan dingin (*cold storage*), hingga jaringan distribusi dan pengecer. Rangkaian proses ini meliputi tahapan pengadaan bahan baku, pemrosesan untuk penambahan nilai (*value-added*), serta pendistribusian produk hingga ke konsumen akhir.

Kerangka kerja integrasi dalam rantai pasok dibangun melalui tiga level pengambilan keputusan utama, yaitu tingkat strategis, taktis, dan operasional. Pada tingkat strategis, keputusan mencakup pemilihan pemasok, perencanaan rute

transportasi, penentuan lokasi fasilitas produksi dan penyimpanan, serta pengaturan kapasitas produksi. Tingkat taktis berfokus pada perencanaan dan penjadwalan kegiatan dalam rantai pasok, termasuk manajemen permintaan, persediaan, dan distribusi. Sementara itu, tingkat operasional mencakup pelaksanaan rencana melalui pengambilan keputusan harian dan pengendalian aktivitas logistik yang terjadi di seluruh mata rantai distribusi (Parwez, 2016). Pendekatan integratif ini diperlukan untuk meningkatkan efisiensi logistik, menambah nilai pada setiap tahapan produksi, serta menjaga kesinambungan mutu produk perikanan selama proses distribusi berlangsung.

Sistem Ketertelusuran dan Peran Aktor Dalam Rantai Pasok Produk Perikanan

Selain integrasi dalam rantai pasok produk perikanan, keberadaan sistem ketertelusuran juga sangat penting guna memastikan keamanan produk serta meminimalkan kesalahan selama proses distribusi. Ketertelusuran memungkinkan pelacakan pergerakan produk dari hulu hingga hilir, maupun sebaliknya, sehingga setiap tahap dapat dipantau secara akurat. Dalam konteks rantai pasok pangan, sistem ini telah menjadi komponen esensial yang tidak hanya mendukung transparansi tetapi juga akuntabilitas di antara para pelaku usaha.

Tujuan utama dari sistem ketertelusuran pangan adalah untuk memastikan bahwa asal-usul makanan dapat diketahui, tujuan pengiriman dapat ditentukan, kualitas produk dapat diperiksa, dan tanggung jawab setiap aktor dapat ditelusuri (Muralikumar & Nardi, 2018). Dalam berbagai literatur dan peraturan, sistem ketertelusuran didefinisikan sebagai kemampuan untuk mengidentifikasi dan memantau pergerakan produk pada setiap tahapan dalam jaringan rantai pasok (Kim *et al.*, 1995).

Ketertelusuran juga merupakan bagian integral dari manajemen logistik yang mencakup aktivitas mulai dari penangkapan, penyimpanan, hingga pengiriman informasi yang memadai mengenai produk pangan pada seluruh tahapan dalam rantai pasok. Hal ini memungkinkan evaluasi atas keamanan dan mutu produk melalui proses pelacakan dari produsen ke konsumen maupun sebaliknya (Bosona & Gebresenbet, 2013). Dalam standar ISO 22005:2007 dan menurut Morana (2016), sistem ketertelusuran dijelaskan sebagai kemampuan untuk mengidentifikasi dan memantau proses, distribusi, lokasi, serta aplikasi

produk, bagian, bahan, dan layanan dalam seluruh siklus rantai pasok.

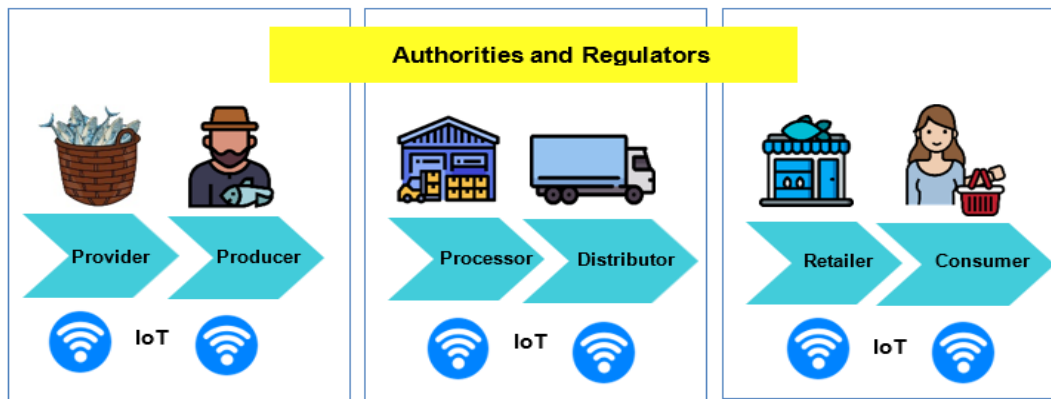
Sistem ketertelusuran modern telah berkembang ke arah digitalisasi, dengan pemanfaatan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan blockchain. Teknologi blockchain berfungsi sebagai “buku besar digital” yang menyimpan seluruh transaksi antar pemangku kepentingan secara transparan dan tidak dapat diubah (Thai *et al.*, 2018). Dengan karakteristik desentralisasi dan database yang andal, *blockchain* menjadi instrumen yang menjanjikan dalam meningkatkan kepercayaan dan keandalan sistem rantai pasok (Bhuiyan *et al.*, 2018).

Dalam konteks produk perikanan, ketertelusuran harus memperhatikan aspek sumber produk dan dokumentasi menyeluruh yang mencakup bahan baku, proses pengolahan, distribusi, penyimpanan, serta pemasaran hingga ke tangan konsumen (Poernomo & Poernomo, 2020). Ketertelusuran yang efektif memerlukan sistem dokumentasi yang konsisten dan dapat dipercaya, serta metode yang andal untuk menelusuri asal-usul produk, tahapan produksi, pengemasan, distribusi, dan transportasi.

Secara umum, sistem ketertelusuran terdiri atas dua komponen utama: tracking dan tracing. Tracking merujuk pada pelacakan produk setelah tahap produksi (informasi hilir), sedangkan tracing merujuk pada penelusuran informasi ke belakang dari titik distribusi ke tahap produksi awal (informasi hulu) (Dwiyoitno, 2009). Penerapan blockchain dalam sistem ini semakin relevan mengingat meningkatnya perhatian konsumen terhadap kualitas pangan serta perlunya sistem yang dapat dipercaya (Lan & Po Shun, 2017).

Namun demikian, implementasi sistem ketertelusuran di sektor agri-food modern tidak terlepas dari berbagai tantangan. Beberapa di antaranya mencakup keragaman aktor dan model bisnis, perbedaan tingkat kerahasiaan informasi, serta ketiadaan data tata kelola yang memadai (Brewster *et al.*, 2017). Hal-hal ini menjadi penghambat utama dalam pencapaian sistem rantai pasok yang benar-benar transparan, dapat diaudit, dan dapat diandalkan.

Gambar 2 memperlihatkan representasi sederhana dari proses ketertelusuran berbasis IoT. Sementara itu, Tabel 1 menyajikan aktor-aktor utama yang terlibat dalam sistem ketertelusuran produk perikanan.



Gambar 2 Proses Sederhana Dalam Sistem Ketertelusuran yang Berbasis IoT.

Tabel 1. Pihak yang Terlibat Dalam Rantai Pasok Produk Perikanan.

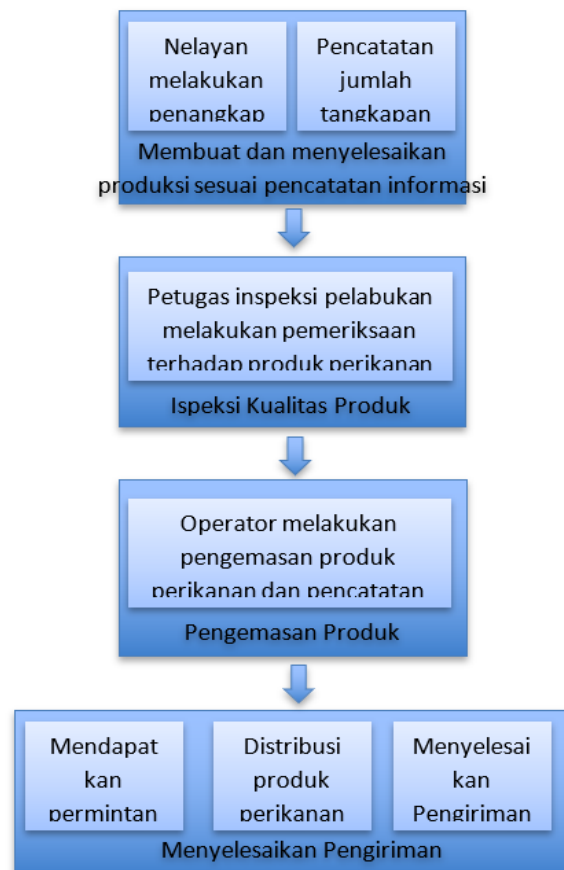
Aktor	Tugas
Produsen (Producer)	Biasanya nelayan, yang merupakan pihak yang melakukan penangkapan dan panen ikan hasil tangkapan setelah tiba dipelabuhan perikanan dilakukan pencatatan oleh petugas pelabuhan
Pemroses (Processor)	Biasanya pengepul, aktor ini dapat melakukan berbagai tindakan, mulai dari pengemasan produk perikanan hingga proses yang lebih kompleks (misalnya, pengiriman produk perikanan ke beberapa wilayah).
Distributor (Distributor)	Aktor ini bertanggung jawab atas memindahkan hasil dari pengolahan (misalnya, produk) dari lokasi pemroses (pengepul) ke pengecer atau pasar.
Pengecer (Retailer)	Aktor ini bertanggung jawab atas penjualan produk dalam skala kecil, mewakili baik toko-toko kecil lokal.
Konsumen (Consumer)	Pihak yang berada pada bagian akhir dari rantai pasok

Sepanjang proses distribusi, seluruh pihak yang terlibat dalam rantai pasok produk perikanan memiliki tanggung jawab untuk mematuhi standar teknis, peraturan, hukum, dan kebijakan yang berlaku. Hal ini bertujuan untuk menjamin mutu, keamanan, dan keterlacakan produk dalam setiap tahapan rantai pasok. Dalam implementasi sistem ketertelusuran, analisis informasi perlu dilakukan secara menyeluruh berdasarkan jenis produk perikanan, proses produksinya, metode manajemen dan pengolahan, serta sistem pengambilan, pengiriman, dan distribusinya.

Pengumpulan informasi ketertelusuran biasanya dimulai dari aktor hulu, yaitu nelayan, yang mencatat data hasil tangkapan secara rinci. Setelahnya, proses pencatatan berlanjut di pelabuhan oleh petugas yang bertanggung jawab terhadap verifikasi dan dokumentasi produk perikanan

yang didaratkan. Informasi tersebut kemudian diteruskan oleh berbagai aktor lainnya dalam rantai pasok seperti pengepul, transporter, tengkulak, hingga akhirnya mencapai konsumen akhir (Caro *et al.*, 2018).

Seluruh alur proses pengumpulan dan pencatatan informasi ini membentuk sistem pelacakan yang sistematis. Alur tersebut divisualisasikan dalam Gambar 3, yang menggambarkan alur sederhana sistem ketertelusuran produk perikanan berdasarkan urutan kegiatan dan keterlibatan aktor dalam jaringan distribusi.



Gambar 3. Alur Sederhana Sistem Ketertelusuran Produk Perikanan.

a. Perencanaan dan Realisasi Produksi Produk Perikanan

Proses ketertelusuran dimulai sejak tahap perencanaan produksi, di mana nelayan melakukan penangkapan ikan sesuai dengan persyaratan teknis yang telah ditetapkan oleh perusahaan perikanan. Setiap hasil tangkapan dicatat secara rinci, termasuk jenis ikan yang diperoleh, sebagai bagian dari dokumentasi awal produk. Informasi dasar ini kemudian direkam secara formal ketika produk perikanan diterima di pelabuhan, sebagai bagian dari pencatatan yang dilakukan oleh petugas pelabuhan.

b. Pemeriksaan Kualitas Produk

Setibanya di pelabuhan, produk perikanan akan menjalani proses inspeksi kualitas oleh petugas yang berwenang. Pemeriksaan ini mencakup verifikasi terhadap kode identifikasi kapal nelayan, evaluasi kualitas dan kuantitas produk, serta pencatatan informasi terkait dengan fasilitas penyimpanan dan pengiriman lanjutan. Proses ini merupakan langkah krusial dalam menjamin kelayakan produk untuk dipasarkan.

c. Pengemasan dan Pelabelan Produk

Setelah dinyatakan layak, produk perikanan akan melalui proses pengemasan. Petugas pengemasan akan memberikan kode identifikasi unik baik pada produk maupun pada kemasan, sesuai dengan standar yang berlaku. Informasi tentang jenis produk, tanggal pengemasan, dan tujuan pengiriman akan dicatat dan disimpan dalam sistem untuk mendukung proses ketertelusuran.

d. Permintaan dan Pengiriman Produk

Setelah pengemasan, produk siap dikirim berdasarkan permintaan jaringan distribusi yang telah diterima. Informasi logistik, seperti lokasi pengiriman, metode transportasi, dan waktu pengiriman, didokumentasikan secara sistematis. Data pendukung terkait produk juga disediakan dalam berbagai format, seperti gambar, video, dan dokumen digital yang dapat diakses melalui situs web atau aplikasi khusus.

Konsumen dapat memantau informasi produk secara langsung melalui platform digital tersebut, serta memberikan umpan balik atau keluhan melalui kanal komunikasi yang tersedia. Petugas pengawasan kemudian akan memproses dan merespons keluhan tersebut secara efisien, serta melaporkan hasil penanganan kepada konsumen. Mekanisme ini tidak hanya meningkatkan efisiensi waktu dan biaya,

tetapi juga memastikan kelangsungan operasi sistem pelacakan yang handal dan transparan.

Pada awalnya, sistem ketertelusuran dipahami sebagai suatu prosedur pencatatan yang merekam jalur pergerakan produk melalui unit yang dikenal sebagai *Traceability Resource Unit* (TRU). TRU merupakan satuan identifikasi dalam sistem pelacakan yang digunakan untuk mengenali, menelusuri, dan memantau informasi yang terkait dengan suatu produk dari awal hingga akhir dalam rantai pasok.

Dalam praktik manajemen informasi, sistem ketertelusuran umumnya diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu sistem ketertelusuran internal dan eksternal:

a. Ketertelusuran Internal

Sistem ini berfokus pada pelacakan data yang berkaitan dengan bahan baku dan proses produksi yang terjadi di dalam satu entitas bisnis. Pelacakan ini mencakup seluruh tahapan mulai dari pengolahan hingga distribusi produk akhir. Sistem ketertelusuran internal juga digunakan untuk menilai sejauh mana perusahaan telah mengintegrasikan metode pelacakan terhadap produk atau layanan yang dihasilkan (Kros *et al.*, 2019). Penelitian-penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Bertolini *et al.* (2006) dan Dupuy *et al.* (2005) telah mengeksplorasi pendekatan ini, termasuk pemanfaatan teknologi informasi dalam sistem pelacakan internal (Füzési & Herdon, 2010).

b. Ketertelusuran Eksternal

Berbeda dengan sistem internal, ketertelusuran eksternal melibatkan pelacakan antar entitas atau mitra dalam rantai pasok. Sistem ini memungkinkan pelacakan perpindahan fisik produk dari satu aktor ke aktor lainnya, seperti dari produsen ke distributor, atau dari pengecer ke konsumen akhir (Jansen-Vullers *et al.*, 2003; Véronneau & Roy, 2009). Kolaborasi yang baik antar pihak eksternal dipandang sebagai faktor krusial dalam menjamin keberhasilan sistem pelacakan produk dan layanan (Voss *et al.*, 2009; Zailani *et al.*, 2015).

Ketertelusuran eksternal juga berfungsi untuk memantau prosedur yang berpotensi menimbulkan dampak terhadap produk, seperti risiko kontaminasi, degradasi kualitas, atau ketidaksesuaian proses. Penelitian menunjukkan bahwa semakin kompleks dan berisiko suatu rantai pasok, maka semakin besar kemungkinan konsumen memilih pemasok yang

memiliki kemampuan ketertelusuran yang andal (Ellis *et al.*, 2010; Speier *et al.*, 2011).

Ketika seluruh pihak dalam rantai pasok tersedia berbagi informasi produk secara terbuka, maka informasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem distribusi secara keseluruhan. Akses yang transparan terhadap data ketertelusuran memudahkan pelaku usaha untuk memahami urutan aktivitas dalam rantai pasok (Kärkkäinen *et al.*, 2003), serta memungkinkan konsumen di bagian hilir untuk memantau dan mengontrol kualitas produk yang masih berada di tahapan hulu (Lyles *et al.*, 2008)..

Kendala Penerapan Sistem Ketertelusuran pada Rantai Pasok Perikanan

Dalam konteks penerapan sistem ketertelusuran oleh aktor internal dalam rantai pasok, sistem ini memungkinkan identifikasi dini terhadap ketidaksesuaian proses yang terjadi di sepanjang alur distribusi. Aktor-aktor yang memiliki kapasitas teknologi dan sumber daya mencukupi dapat memanfaatkan sistem manajemen terintegrasi seperti *Enterprise Resource Planning* (ERP) untuk menjalankan pelacakan secara menyeluruh dan efisien.

Namun demikian, pelaku usaha kecil seperti nelayan dan unit usaha perikanan berskala mikro atau kecil sering kali tidak memiliki kemampuan

teknis maupun sumber daya finansial untuk mengoperasikan sistem ketertelusuran yang kompleks tersebut. Akibatnya, meskipun sistem ERP atau platform digital lainnya tersedia dan berfungsi baik di tingkat industri besar, penerapannya tidak dapat dilakukan secara menyeluruh oleh semua aktor dalam jaringan rantai pasok.

Masalah krusial lain yang muncul adalah kurangnya transparansi informasi dalam jaringan, terutama pada bagian hulu yang melibatkan aktor-aktor skala kecil. Keterbatasan dalam akses dan kemampuan berbagi informasi menyebabkan kesenjangan data yang berpotensi melemahkan efektivitas sistem ketertelusuran secara keseluruhan (Lin *et al.*, 2019). Beberapa permasalahan spesifik yang berkaitan dengan implementasi sistem ketertelusuran dalam rantai pasok produk perikanan dirangkum lebih lanjut pada Tabel 2.

Permasalahan dalam implementasi sistem ketertelusuran pada produk perikanan kerap kali mencerminkan tantangan yang serupa dengan sektor agrikultur lainnya, terutama terkait kurangnya integrasi data dan ketidaksesuaian informasi mengenai hasil tangkapan. Hal ini menjadi kendala utama dalam mengoperasikan sistem ketertelusuran secara efektif. Selain itu, faktor-faktor teknis lainnya, seperti proses penangkapan yang tidak terdokumentasi dengan baik, penyimpanan yang tidak memadai, serta distribusi

Tabel 2. Beberapa Permasalahan Sistem Ketertelusuran Produk Perikanan.

Permasalahan
Banyak sistem ketertelusuran berbasis IoT untuk rantai pasok perikanan didasarkan pada data terpusat, yang mengakibatkan masalah-masalah seperti integritas data, hingga pemalsuan data (Caro <i>et al.</i> , 2018)
Banyak sistem informasi logistik tradisional dalam rantai pasok perikanan yang melacak dan menyimpan pesanan dan pengiriman, tetapi mengabaikan fitur-fitur seperti: transparansi, pelacakan, auditabilitas (Verdouw <i>et al.</i> , 2013)
Ketidaksesuaian informasi antara para pelaku yang berbeda dalam rantai pasokan (M. Kim <i>et al.</i> , 2018)
Konsumen tidak dapat mengakses informasi tentang produk pada seluruh proses rantai pasok perikanan (Liao & Xu, 2019)
Para pihak yang berbeda dalam rantai pasok perikanan memiliki sistem pencatatan data dan pelacakan sendiri. Hal ini menyebabkan ketidakcocokan antara perangkat lunak dan struktur data, yang kemudian menyebabkan ketidaksesuaian untuk menjamin pelacakan makanan secara lengkap (Hua <i>et al.</i> , 2018)
Produk tidak mudah ditelusuri asal-usulnya dan sejarah rantai distribusinya, sehingga produsen atau nelayan tidak memiliki catatan dan informasi dokumen terkait produk perikanan tersebut, mulai dari bahan baku, pengolahan, distribusi/penyimpanan, pemasaran hingga konsumen (Alfajri & Wasiqi, 2018)
Rantai Pasok dingin yang terputus dengan pengaturan suhu yang tidak stabil dikarenakan catatan informasi terkait suhu awal, pertengahan, dan akhir tidak terintegrasi secara otomatis menyebabkan penurunan mutu dapat terus terjadi (Pratama dan Mardiah <i>et al.</i> , 2024)

yang tidak menggunakan sistem rantai dingin, turut memperburuk kualitas dan mutu produk perikanan sepanjang rantai pasok.

Idealnya, sistem ketertelusuran harus berbasis digital, mencakup pencatatan data secara real time mulai dari jumlah dan jenis hasil tangkapan, moda transportasi yang digunakan, hingga ketersediaan bahan baku untuk industri pengolahan. Namun dalam praktiknya, sebagian besar informasi ini masih dicatat secara manual. Sistem pencatatan tradisional tersebut mencakup catatan tentang volume hasil tangkapan, jumlah produk yang rusak, hingga estimasi waktu pengiriman—yang kesemuanya belum terintegrasi dalam suatu sistem digital yang dapat diakses lintas aktor. Akibatnya, konsumen tidak memperoleh akses terhadap informasi penting seperti lokasi keberadaan produk dan stok ketersediaan produk di berbagai tahap rantai pasok, yang pada akhirnya menurunkan kualitas layanan dan transparansi.

Salah satu penyebab utama dari permasalahan ini adalah adanya perbedaan sistem pencatatan antara aktor-aktor yang terlibat dalam rantai pasok. Masing-masing pihak menggunakan metode dan format data yang berbeda, sehingga menyulitkan sinkronisasi informasi secara keseluruhan. Untuk itu, sangat diperlukan suatu sistem integrasi data lintas sektor yang mampu menyatukan informasi dari berbagai aktor, mulai dari nelayan hingga distributor, sehingga ketertelusuran dapat dijalankan secara lebih efisien dan transparan.

Integrasi ini akan memungkinkan informasi penting, seperti total hasil tangkapan dan estimasi waktu pengiriman, dapat dipantau oleh semua pihak yang berkepentingan, termasuk konsumen. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan, memperkuat kepercayaan konsumen terhadap produk perikanan, serta meminimalkan potensi kegagalan dalam setiap tahapan distribusi dalam rantai pasok.

Faktor-Faktor yang Menyebabkan Perlunya Sistem Ketertelusuran Produk Perikanan

Sistem ketertelusuran merupakan komponen yang sangat dibutuhkan dalam sektor perikanan, khususnya di Indonesia sebagai negara kepulauan. Distribusi produk perikanan di wilayah kepulauan membutuhkan waktu lebih lama dan melibatkan rantai pasok yang lebih panjang dan kompleks. Oleh karena itu, implementasi sistem ketertelusuran menjadi krusial untuk memastikan efisiensi, keamanan, dan keandalan dalam setiap tahap rantai pasok. Terdapat beberapa faktor utama

yang menjelaskan urgensi penerapan sistem ini di Indonesia:

a. Kondisi Geografis

Indonesia terdiri dari ribuan pulau yang tersebar dan didominasi oleh wilayah perairan. Kondisi geografis ini menjadikan potensi sumber daya perikanan sangat melimpah, namun pada saat yang sama menciptakan tantangan logistik. Jarak pengiriman yang jauh dan keterpisahan wilayah menyebabkan distribusi produk perikanan memerlukan waktu lebih lama dan biaya yang lebih tinggi. Dalam situasi tersebut, jika terjadi kerusakan selama proses distribusi, nilai jual produk di lokasi tujuan akan menurun drastis dan mengakibatkan kerugian ekonomi yang signifikan.

b. Pemenuhan Kebutuhan Konsumen

Distribusi produk perikanan, baik dalam bentuk ikan segar maupun produk olahan, dilakukan secara berkelanjutan antarwilayah untuk memenuhi permintaan konsumen domestik. Sistem ketertelusuran dapat membantu seluruh pemangku kepentingan dalam memantau ketersediaan produk secara real time, mulai dari lokasi asal hingga lokasi tujuan. Hal ini tidak hanya menjamin kontinuitas pasokan bahan baku dan produk olahan, tetapi juga memungkinkan konsumen untuk mengakses informasi terkini mengenai keberadaan dan status produk dalam rantai pasok.

c. Menghindari Ketidakesesuaian Produk

Melalui sistem ketertelusuran, para pelaku dalam rantai pasok memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan dan evaluasi berkala terhadap kondisi produk selama proses distribusi. Pemantauan secara real time memungkinkan penanganan segera terhadap potensi kesalahan prosedur yang dapat menyebabkan kerusakan produk. Dengan demikian, sistem ini berperan sebagai mekanisme pencegahan terhadap penurunan mutu akibat praktik penanganan yang tidak sesuai standar.

d. Penelusuran Asal Produk Perikanan

Produsen dan penyedia produk dapat menyimpan informasi secara rinci mengenai asal bahan baku, jumlah, serta perlakuan teknis selama proses produksi dan distribusi. Teknologi seperti barcode atau sistem identifikasi digital lainnya dapat digunakan untuk mengotomatisasi pelacakan. Ketika terjadi kerusakan dalam rantai pasok, sistem ini memungkinkan penelusuran cepat terhadap sumber masalah, baik dari sisi hilir maupun hulu, sehingga mendukung upaya mitigasi risiko secara efektif.

e. Keamanan dan Kualitas Pangan

Dalam konteks keamanan pangan, sistem ketertelusuran berperan penting dalam memastikan bahwa produk yang tidak aman atau berkualitas rendah dapat dengan cepat diidentifikasi dan ditarik dari peredaran. Selain itu, sistem ini memfasilitasi penetapan tanggung jawab apabila terjadi kegagalan dalam keamanan pangan, dengan menyediakan bukti terdokumentasi atas kelalaian atau praktik produksi yang tidak sesuai. Di samping itu, sistem ketertelusuran juga memungkinkan identifikasi produk yang mengandung bahan hasil rekayasa genetik, guna mendukung transparansi dan pilihan informasi bagi konsumen.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, sistem ketertelusuran bukan hanya alat teknis semata, tetapi juga instrumen strategis untuk menjamin keberlanjutan, daya saing, dan kepercayaan konsumen dalam industri perikanan Indonesia.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI KEBIJAKAN

Simpulan

Penerapan sistem ketertelusuran dalam rantai pasok produk perikanan menjadi sangat penting mengingat sifat produk perikanan yang mudah rusak dan sangat bergantung pada penanganan yang tepat di setiap tahap distribusi. Dalam konteks geografis Indonesia sebagai negara kepulauan, kebutuhan akan sistem ketertelusuran semakin mendesak karena panjangnya jalur logistik dan tingginya risiko penurunan mutu produk. Pemanfaatan teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT) dan *blockchain* memungkinkan pelacakan produk secara real time dari hulu hingga hilir, mulai dari informasi asal bahan baku, proses logistik, hingga konsumsi oleh konsumen akhir.

Implementasi sistem ini bukan hanya berkontribusi pada peningkatan transparansi dan efisiensi rantai pasok, tetapi juga pada penguatan jaminan mutu dan keamanan produk. Beberapa faktor utama yang mendorong urgensi sistem ketertelusuran dalam konteks Indonesia antara lain adalah kondisi geografis yang kompleks, kebutuhan pemenuhan konsumen terhadap produk segar dan aman, serta upaya untuk menghindari ketidaksesuaian dan kerusakan produk selama distribusi. Dengan sistem ketertelusuran yang andal, nilai jual produk dapat dipertahankan dan risiko kerugian ekonomi akibat produk rusak dapat diminimalkan.

Rekomendasi Kebijakan

Untuk mendukung efektivitas sistem ketertelusuran dalam rantai pasok produk perikanan, beberapa rekomendasi kebijakan berikut dapat dikembangkan:

1. Peningkatan Standar Pencatatan dan dokumentasi produk seluruh aktor dalam rantai pasok perlu memastikan akurasi pencatatan informasi terkait produk perikanan, termasuk jenis dan jumlah tangkapan, waktu dan lokasi pendaratan di pelabuhan, moda transportasi, jarak distribusi, serta estimasi waktu pengiriman dan penerimaan produk di lokasi tujuan.
2. Penerapan Prosedur Penanganan yang Seragam di setiap tahapan penanganan pascapanen harus ditingkatkan, mulai dari penangkapan, penyimpanan, pengemasan, hingga distribusi, dengan berpedoman pada prosedur baku yang menjamin mutu dan keamanan produk tetap terjaga selama proses rantai pasok berlangsung.
3. Pengembangan sistem digital terintegrasi perlu dikembangkan sistem digital berbasis *iot* dan *blockchain* dalam bentuk *website* maupun aplikasi pelacakan produk yang dapat diakses oleh seluruh pihak yang terlibat, termasuk nelayan, pengolah, distributor, hingga konsumen. Sistem ini harus memungkinkan pelacakan secara real time serta menyediakan informasi yang relevan dan transparan mengenai status produk di sepanjang jalur distribusi.
4. Peningkatan kapasitas pelaku usaha skala kecil perhatian khusus perlu diberikan pada pelaku usaha kecil, seperti nelayan tradisional, agar dapat terlibat secara aktif dalam sistem ketertelusuran melalui pelatihan, pendampingan teknis, dan penyediaan infrastruktur digital yang mudah diakses.

Dengan langkah-langkah tersebut, sistem ketertelusuran diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, transparansi, dan kepercayaan dalam rantai pasok produk perikanan nasional secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pihak yang telah membantu dalam memfasilitasi tempat untuk menyelesaikan tulisan kajian literatur ini selama berada di lingkungan perpustakaan Institut Pertanian Bogor. Ucapan terimakasih yang sebesar besarnya kepada Bapak Dr. Muhammad Asril S.Si., M.Si yang telah mengarahkan penulis dalam proses penulisan kajian literatur ini.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Dengan ini kami menyatakan bahwa kontribusi masing-masing penulis terhadap pembuatan karya tulis adalah: (Andri Pratama) sebagai kontributor utama. Penulis menyatakan bahwa telah melampirkan surat pernyataan kontribusi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfajri, M. F., & Wasiqi, N. C. (2018). Pengembangan Model Tracking and Tracing dalam Komoditi Rantai Pasok Perikanan di Indonesia. *Applied Information System and Management (AISM)*, 1(2), 96–100. <https://doi.org/10.15408/aism.v1i2.20105>.
- Bertolini, M., Bevilacqua, M., & Massini, R. (2006). FMECA approach to product traceability in the food industry. *Food Control*, 17(2), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.013>.
- Bhuiyan, Z. A., Zaman, A., Wang, T., Wang, G., Tao, H., & Mehedi Hassan, M. (2018). Blockchain and Big Data to Transform the Healthcare. *ICDPA*, 2–8. <https://doi.org/http://doi.org/10.1145/3224207.3224220>.
- Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013). Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713513000790>.
- Brewster, C., Roussaki, I., Kalatzis, N., Doolin, K., & Ellis, K. (2017). IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot. *IEEE Communications Magazine*, 55(9), 26–33. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600528>.
- Cai, X., Chen, J., Xiao, Y., & Xu, X. (2010). Optimization and Coordination of Fresh Product Supply Chains with Freshness-Keeping Effort. *Production and Operations Management Society*, 19(3), 261–278.
- Caro, M. P., Ali, M. S., Vecchio, M., & Gialfreda, R. (2018). Blockchain-based Traceability in Agri-Food Supply Chain Management: A Practical Implementation. *Vertical and Topical Summit on Agriculture*, 1–4.
- Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014). Traceability issues in food supply chain management: A review. *Biosystems Engineering*, 120, 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.09.006>.
- Dupuy, C., Botta-Genoulaz, V., & Guinet, A. (2005). Batch dispersion model to optimise traceability in food industry. *Journal of Food Engineering*, 70(3), 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.074>.
- Dwiyitno. (2009). Implementasi Sistem Ketertelusuran. *Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 4(3), 99–104. <https://bbp4b.litbang.kkp.go.id/squalen-bulletin/index.php/squalen/article/viewFile/155/113>.
- Ellis, S. C., Henry, R. M., & Shockley, J. (2010). Buyer perceptions of supply disruption risk: A behavioral view and empirical assessment. *Journal of Operations Management*, 28(1), 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.07.002>.
- Ferguson, M., & Ketzenberg, M. E. (2006). Information Sharing to Improve Retail Product Freshness of Perishables. *Production and Operations Management*, 15(1), 57–73. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2006.tb00003.x>.
- Füzesi, I., & Herdon, M. (2010). IT applications in the quality management of Hungarian meat product chains. *Agricultural Informatics*, 1(1), 19–29.
- Hu, J., Zhang, X., Mihaela, L., & Neculita, M. (2013). Modeling and implementation of the vegetable supply chain traceability system. *Food Control*, 30(1), 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.037>.
- Hua, J., Wang, X., Kang, M., Wang, H., & Wang, F. Y. (2018). Blockchain Based Provenance for Agricultural Products: A Distributed Platform with Duplicated and Shared Bookkeeping. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings, 2018-June*(January), 97–101. <https://doi.org/10.1109/IVS.2018.8500647>.
- ISO 22005:2007. (2007). *Traceability in the feed and food chain — General principles and basic requirements for system design and implementation*.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning and Control*, 32(9), 775–788. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>.
- Jansen-Vullers, M. H., Van Dorp, C. A., & Beulens, A. J. M. (2003). Managing traceability information in manufacture. *International Journal of Information Management*, 23(5), 395–413. [https://doi.org/10.1016/S0268-4012\(03\)00066-5](https://doi.org/10.1016/S0268-4012(03)00066-5).
- Kamath, R. (1979). Food Traceability on Blockchain: Walmart's Pork and Mango Pilots with IBM. *Medizinische Klinik*, 74(13), 481–487.
- Kärkkäinen, M., Ala-Risku, T., & Främling, K. (2003). The product centric approach: A solution to supply network information management problems? *Computers in Industry*, 52(2), 147–159. [https://doi.org/10.1016/S0166-3615\(03\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0166-3615(03)00086-1).
- Khan, S., Haleem, A., Imran Khan, M., Haider Abidi, M., & Al-Ahmari, A. (2018). Implementing Traceability Systems in Specific Supply Chain Management (SCM) through Critical Success Factors (CSFs). *Sustainability*, 10(doi:10.3390/su10010204), 01–026. <https://doi.org/10.3390/su10010204>.
- Kim, H. M., Fox, M. S., & Gruninger, M. (1995). Ontology of quality for enterprise modelling. *Proceedings of the Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative*

- Enterprises, WET ICE, May 2014*, 105–116. <https://doi.org/10.1109/enabl.1995.484554>.
- Kim, M., Hilton, B., Burks, Z., & Reyes, J. (2018). Integrating Blockchain, Smart Contract-Tokens, and IoT to Design a Food Traceability Solution. *2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, IEMCON 2018, Figure 1*, 335–340. <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2018.8615007>.
- Kros, J., Liao, Y., Kirchoff, J. F., & Zemanek, J. E. (2019). *Traceability in the Supply Chain. January*. <https://doi.org/10.4018/IJAL.2019010101>
- Lan, W., & Po Shun, C. (2017). E-food-traceability Learned by Consumers. *ICIBE'17*, 8–10. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.1145/3133811.3133827>
- Liao, Y., & Xu, K. (2019). Traceability System of Agricultural Product Based on Blockchain and Application in Tea Quality Safety Management. *Journal of Physics: Conference Series*, 1288(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1288/1/012062>.
- Lin, J., Shen, Z., Zhang, A., & Chai, Y. (2019). *Blockchain and IoT based Food Traceability System. July 2018*. <https://doi.org/10.1145/3265689.3265692>
- Liu, Y., & Gao, H. (2016). *An Empirical Study for the Mobile Food Trace ability : Private Trace ability System for the White Gourd in Tianjin, China . 1 What is Food Traceability 2 Information Technology Applications. 01006*.
- Lyles, M. A., Flynn, B. B., & Frohlich, M. T. (2008). All supply chains don't flow through: Understanding supply Chain issues in product recalls. *Management and Organization Review*, 4(2), 167–182. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8784.2008.00106.x>.
- Maruchek, A., Greis, N., Mena, C., & Cai, L. (2011). Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities. *Journal of Operations Management*, 29(7–8), 707–720. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2011.06.007>.
- Mirabelli, G., & Solina, V. (2020). Blockchain and agricultural supply chains traceability : research trends and future challenges. *Procedia Manufacturing*, 42(2019), 414–421. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.054>.
- Morana, J. (2016). Supply chain and traceability. *Supply Chain Forum*, 17(1), 1–2. <https://doi.org/10.1080/16258312.2016.1181434>.
- Muralikumar, M. D., & Nardi, B. (2018). Addressing Limits through Tracking Food. *LIMITS*, 13–14.
- Parwez, S. (2016). A conceptual model for integration of Indian food supply chains. *Global Business Review*, 17(4), 834–850. <https://doi.org/10.1177/0972150916645681>.
- Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2013). Ensuring supply chain resilience: Development and implementation of an assessment tool. *Journal of Business Logistics*, 34(1), 46–76. <https://doi.org/10.1111/jbl.12009>.
- Poernomo, A., & Poernomo, S. H. (2020). Food and Nutrition Post-harvest Losses in the Fisheries Sector . *Kertas Kerja Seri 2-Jejarah Pasca-Panen Untuk Gizi Indonesia, 2011*, 1–8.
- Pratama, A., Mardiah, R. S., Sari, S. P., Lantu, I. S., Annur, M. Y., Nurlaela, E., Mayasari, E., Masengi, S., Nugraha, E., Sayuti, M., Rahardjo, S., Anzani, Y. M., Lubis, M., & Prayudi, A. (2024). *Teknik Transportasi dan Distribusi Ikan* (A. Karim (ed.); 1st ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Pratama, A., Mayasari, E., L.Susilawati, I., Permadi, A., Lubis, M., Sayuti, M., S.Permata, S., S.Rumenta, R., I.Nur, A., Setiavani, G., & H.Prasetyo, Y. (2024). *Keamanan Pangan Produk Perikanan* (A. Karim (ed.); 1st ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Pratama, A., Mustarruddin, & Purwangka, F. (2024). *Tingkatan mutu dan penanganan dingin rantai suplai udang windu di pelabuhan perikanan selili samarinda andri pratama*. IPB University.
- Pratama, A., & Purwangka, F. (2024). Tingkatan Mutu dan Mitigasi Risiko pada Penanganan Udang Windu di PPI Selili Samarinda ke Pasar Barong Tongkok , Melak (Quality Standards and Risk Mitigation in Handling of Tiger Shrimp from PPI Selili Samarinda to Pasar Barong Tongkok, Melak). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(3), 377–388. <https://doi.org/10.18343/jipi.29.3.377>.
- Speier, C., Whipple, J. M., Closs, D. J., & Voss, M. D. (2011). Global supply chain design considerations: Mitigating product safety and security risks. *Journal of Operations Management*, 29(7–8), 721–736. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2011.06.003>.
- Thai, P., Njilla, L., Duong, T., Fan, L., & Sheng Zhou, H. (2018). A Generic Paradigm for Blockchain Design *. *MobiQuitous*, 460–469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3286978.3286982>
- Tsao, Y. C. (2013). Designing a fresh food supply chain network: An application of nonlinear programming. *Journal of Applied Mathematics*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/506531>.
- Verdouw, C. N., Sundmaeker, H., Meyer, F., Wolfert, J., & Verhoosel, J. (2013). Smart Agri-Food Logistics: Requirements for the Future Internet. *Lecture Notes in Logistics, February*, 247–257. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35966-8_20.
- Véronneau, S., & Roy, J. (2009). RFID benefits, costs, and possibilities: The economical analysis of RFID deployment in a cruise corporation global service supply chain. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 692–702. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.06.038>.

- Voss, M. D., Whipple, J. M., & Closs, D. J. (2009). The role of strategic security: internal and external security measures with security performance implications. *Transportation Journal*, 48(2), 5–23. <https://doi.org/10.5325/transportationj.48.2.0005>.
- Zailani, S. H., Subaramaniam, K. S., Iranmanesh, M., & Shahrudin, M. R. (2015). The impact of supply chain security practices on security operational performance among logistics service providers in an emerging economy: Security culture as moderator. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 45(7), 652–673. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-12-2013-0286>.