

ANALISIS STRATEGI TRANSPORTASI EKSPOR TUNA BALI MENGHADAPI DISRUPSI PANDEMI COVID-19: PENDEKATAN AHP

Strategic Analysis of Bali Tuna Export Transportation Logistics Patterns in The Facing of The Covid-19 Pandemic Emergency Situation: Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach

Oleh:

Charles Paulinus Marulitua Sitanggang^{1*}, Taryono^{1,2}, Joko Santoso^{1,3}

¹Program Studi Logistik Agro-Maritim, Sekolah Pascasarjana IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, Indonesia

²Dept. Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, Indonesia

³Dept. Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor, Indonesia

*Korespondensi penulis: charlessitanggang@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Pandemi COVID-19 menimbulkan disrupsi besar pada rantai logistik ekspor tuna dari Bali, terutama akibat pembatasan transportasi udara, terbatasnya infrastruktur logistik, dan fluktuasi produksi. Studi ini mengevaluasi strategi pola logistik ekspor paling optimal dalam menghadapi situasi darurat dengan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Empat kriteria utama digunakan, yaitu: biaya logistik, keandalan, ketahanan, dan waktu pengiriman; serta empat strategi alternatif: optimalisasi angkutan udara, dukungan angkutan laut, pengembangan pusat logistik terintegrasi, dan kombinasi moda darat-laut. Hasil menunjukkan bahwa waktu pengiriman (0,34945) dan keandalan (0,33064) merupakan faktor dominan. Strategi optimalisasi angkutan udara menjadi pilihan terbaik (bobot ideal: 1.000) karena mampu menjaga kecepatan distribusi dan *cold chain*. Studi ini menegaskan pentingnya logistik yang tangguh dengan fokus pada kecepatan, keandalan, dan adaptasi terhadap gangguan. Temuan ini memberikan arah strategis bagi perumusan kebijakan logistik ekspor perikanan yang adaptif terhadap disrupsi global.

Kata kunci: efisiensi logistik, konsolidasi muatan, moda transportasi, rantai dingin, resiliensi

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic caused major disruptions to the tuna export logistics chain from Bali, primarily due to air transport restrictions, limited logistics infrastructure, and fluctuating production volumes. This study aims to evaluate the most optimal export transportation logistics strategy in emergency situations using the Analytical Hierarchy Process (AHP). The decision hierarchy includes four main criteria—logistics cost, reliability, resilience, and delivery time—and four strategic alternatives: air freight optimization, sea freight support, development of integrated logistics centers, and land-sea multimodal transport. The results show that delivery time (0.34945) and reliability (0.33064) are the dominant factors. Air freight optimization emerged as the best strategy (ideal score: 1.000), ensuring rapid distribution and cold chain integrity. This study highlights the importance of resilient logistics by emphasizing speed, reliability, and adaptability in response to external shocks. The findings provide strategic insights for stakeholders in formulating robust fisheries export logistics policies to anticipate future global disruptions.

Key words: cold chain, freight consolidation, logistic efficiency, resilience, transport modes

PENDAHULUAN

Indonesia menempati posisi strategis sebagai produsen utama tuna dunia, memberikan kontribusi sebesar 19,1% terhadap total pasokan dunia sekitar 1,5 juta ton pada tahun 2023. Komoditi tuna mempunyai peranan krusial dalam pengembangan sektor kelautan dan perikanan, tidak hanya sebagai sumber devisa, tetapi juga sebagai pendorong utama dalam memperkuat ketahanan ekonomi pesisir. Pada tahun 2023, nilai ekspor tuna Indonesia mencapai USD 927,2 juta, memberikan kontribusi sekitar 16,5% terhadap total ekspor perikanan nasional (KKP 2024). Selain mempengaruhi neraca perdagangan nasional, subsektor perikanan tuna juga berkontribusi pada mata pencaharian jutaan individu di seluruh rantai nilai, mulai dari nelayan, pengolah, hingga pelaku logistik dan ekspor.

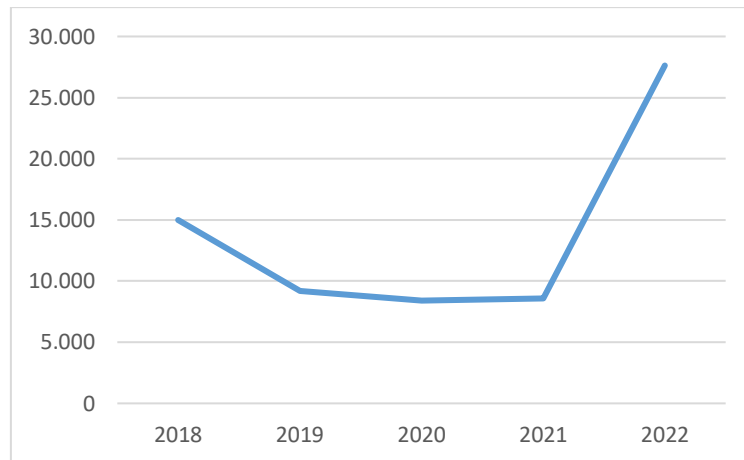
Keunggulan geografis Indonesia, meliputi wilayah maritim yang luas dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE), memberikan potensi besar bagi pemanfaatan sumber daya tuna yang tersebar di Samudera Hindia dan Pasifik. Dalam konteks ini, Provinsi Bali berperan penting sebagai pusat operasional penangkapan ikan tuna, tongkol, dan cakalang (TTC). Pelabuhan Benoa di Bali berfungsi sebagai basis utama bagi armada penangkapan ikan tuna yang terdiri dari minimal 762 kapal aktif (Prabhawa 2023). Data produksi menunjukkan bahwa pada tahun 2021, *output* perikanan Bali untuk komoditas TTC mencapai sekitar 51.897 ton. Hal ini diperkuat dengan hadirnya sekitar 75 unit pengolahan ikan yang berorientasi ekspor, sebagian besar merupakan usaha menengah hingga besar.

Kinerja ekspor perikanan Bali menunjukkan kontribusi yang signifikan terhadap ekspor nasional. Pada tahun 2021, total volume ekspor perikanan dari Bali mencapai 26.825 ton senilai USD 131,25 juta. Pada tahun 2022, tonasenya sedikit menurun menjadi 26.468 ton, sedangkan nilainya meningkat menjadi USD 136,80 juta (Prabhawa 2023). Sekitar 35% dari keseluruhan volume ekspor dan 45% dari total nilai berasal dari komoditas tuna, baik segar maupun beku. Ini menunjukkan dominasi dan nilai strategis tuna dalam struktur ekspor Bali. Faktor infrastruktur berperan penting, dimana Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai menyediakan jalur distribusi ekspor melalui layanan penerbangan langsung ke negara tujuan utama. Transportasi udara menjadi penting, khususnya untuk pengiriman ikan tuna segar, mengingat kebutuhan akan kecepatan pengiriman dan ketatnya kesinambungan rantai dingin (Sari *et al.* 2022).

Pandemi COVID-19 yang mulai menyebar secara global pada akhir tahun 2019 telah memberikan dampak yang signifikan terhadap sistem perdagangan dan logistik internasional, termasuk sektor perikanan Indonesia. Pada fase awal pandemi, aktivitas perekonomian melambat akibat pembatasan perjalanan dan penutupan akses pasar internasional. Namun, kinerja ekspor perikanan Indonesia menunjukkan ketahanan yang cukup kuat. Data KKP mencatat bahwa volume ekspor perikanan tangkap antara bulan Januari dan April 2020 meningkat sebesar 15,8% dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya, mencapai 414.700 ton. Nilai ekspornya meningkat 10,3% mencapai USD 1,68 miliar (Grahadyarini 2020). Tren ekspor tuna dalam jangka panjang juga mencerminkan pemulihan yang konsisten pascapandemi. Peningkatan dimulai pada tahun 2022 dan mencapai puncaknya pada tahun 2023. Nilai ekspor tuna mencapai USD 960,3 juta pada tahun 2022 sebelum mengalami penurunan menjadi USD 927,1 juta pada tahun 2023 (Amri *et al.* 2024).

Disrupsi global yang disebabkan oleh pandemi memberikan dampak langsung pada sistem logistik ekspor. Penurunan tajam kapasitas kargo udara, akibat terhentinya sebagian besar layanan penerbangan internasional, telah menjadi hambatan utama dalam pengangkutan makanan laut segar, khususnya tuna. Selain itu, kenaikan biaya logistik dan pembatasan pengiriman laut akibat kepadatan pelabuhan serta ketidakteraturan jadwal pelayaran semakin meningkatkan kondisi distribusi. Kombinasi faktor-faktor tersebut menghadirkan tantangan yang signifikan dalam menjaga kelangsungan ekspor produk-produk yang sangat bergantung pada kecepatan dan integritas rantai dingin. Kebijakan pembatasan sosial berskala besar (PSBB), *lockdown* internasional, serta gangguan pada moda transportasi udara menyebabkan disrupsi besar terhadap kelancaran ekspor tuna segar dari

Bali. Terjadi penurunan drastis selama awal pandemi 2020, disusul dengan pemulihan setelah 2021 sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tren volume ekspor tuna bali (ton) berdasarkan laporan kinerja ATLI (2023)

Gambar 1 memperlihatkan tren volume ekspor tuna oleh anggota Asosiasi Tuna *Longline* Indonesia (ATLI) di Pelabuhan Benoa, Bali, selama periode 2018 hingga 2022. Volume ekspor mengalami penurunan signifikan dari 14.986,4 ton pada tahun 2018 menjadi 9.187,7 ton pada 2019, dan terus turun menjadi 8.403,1 ton pada tahun 2020, mencerminkan dampak awal pandemi COVID-19 terhadap operasional ekspor. Meskipun volume tetap relatif rendah pada 2021 sebesar 8.596,4 ton, industri menunjukkan pemulihan tajam pada 2022, dimana volume ekspor melonjak menjadi 27.625,2 ton.

Karakteristik komoditas perikanan mencakup sifat mudah rusak, memerlukan penanganan khusus pasca panen, dan membutuhkan jangkauan pemasaran yang luas. Karakteristik komoditas perikanan yang mudah membusuk memerlukan rantai dingin yang terhubung secara berkelanjutan untuk menjaga mutu dan keamanan pangan hingga sampai ke konsumen akhir (Badiola *et al.* 2012). Komoditas perikanan dan hasil laut merupakan produk dengan sensitivitas tinggi terhadap waktu dan kualitas rantai dingin (*cold chain*), penundaan 12–24 jam saja dalam pengiriman dapat menurunkan mutu organoleptik tuna secara signifikan, yang berdampak langsung terhadap daya saing ekspor (Sari *et al.* 2022).

Ketahanan rantai pasok menjadi krusial dalam situasi darurat seperti pandemi COVID-19. Rantai pasok yang resilien menuntut harus mampu beradaptasi atau pulih dengan cepat dari gangguan, seperti pandemi, melalui penyediaan jalur pengiriman alternatif, diversifikasi moda transportasi (udara, laut, darat), atau penyimpanan *buffer*. Selama pandemi, perusahaan ekspor tuna harus mengevaluasi kombinasi moda transportasi, contohnya penggunaan kargo udara khusus (jika jadwal komersial terbatas) atau pengiriman melalui kapal kargo berpendingin yang lebih lambat tetapi memiliki kapasitas besar. Kompleksitas pemilihan strategi logistik muncul dari kebutuhan untuk mempertimbangkan berbagai kriteria: biaya, waktu pengiriman, keandalan, ketersediaan moda, dan ketahanan. Perbandingan penggunaan moda logistik untuk ekspor tuna segar, yang umumnya dikirim dengan pesawat, dibandingkan dengan tuna beku yang dapat dikirim melalui jalur laut atau kombinasi darat dan laut, memerlukan analisis multi-kriteria untuk menyesuaikan dengan kondisi pandemi yang ada.

Situasi ini menekankan pentingnya merancang strategi logistik yang tidak hanya efisien tetapi juga adaptif, berketahanan tinggi, dan responsif terhadap gangguan sistemik. Strategi logistik yang tangguh menjadi penting dalam menjamin keberlangsungan rantai pasok komoditas tuna ke pasar global, terutama dalam menghadapi krisis berskala global seperti pandemi. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya ketahanan sistem logistik dalam menghadapi krisis. Konsep ketahanan logistik mengacu

pada kemampuan sistem untuk menyerap gangguan, menyesuaikan operasi, dan memulihkan secara efektif (Pettit *et al.* 2019).

Pandemi menyebabkan gangguan besar pada operasi perikanan, termasuk penurunan frekuensi pelayaran, konsumsi bahan bakar, serta penurunan harga hasil tangkapan (Anna *et al.* 2021)). Adaptasi operasional menjadi factor penting dalam menjaga kelangsungan produksi dan distribusi. Kondisi Bali menunjukkan bahwa ketahanan perikanan skala kecil selama pandemi ditentukan oleh keberagaman sumber pendapatan, dukungan jaringan sosial, dan kapasitas adaptasi lokal terhadap gangguan distribusi logistik (Rosado *et al.* 2022). Dalam konteks regional, laporan *Pacific Islands Forum Fisheries Agency* (FFA) mencatat bahwa pergerakan mobilitas dan gangguan logistik internasional mengakibatkan penurunan manfaat ekonomi dari industri tuna, terutama disebabkan oleh keterbatasan akses pasar dan peningkatan biaya pengiriman (Forum Fisheries Secretariat 2020). Ketahanan sektor perikanan bergantung pada kemampuan sistem logistik untuk beradaptasi melalui diversifikasi moda transportasi, persaudaraan distribusi, dan digitalisasi rantai pasok. Poin utamanya adalah pentingnya mengembangkan strategi logistik yang tidak hanya hemat biaya namun juga tangguh dan responsif terhadap gangguan global seperti pandemi (Nyiawung *et al.* 2024). Dalam konteks ekspor tuna Bali, pandemi COVID-19 berfungsi sebagai pemicu untuk mengaktifkan kembali logistik strategi, tidak hanya dari perspektif efisiensi biaya, tetapi juga dari segi intelijen, efisiensi, dan kecepatan pengiriman. Oleh karena itu, strategi logistik selama krisis harus mampu menjawab tantangan operasional maupun adaptasi struktural.

Pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menilai dan memilih strategi logistik (Saaty 1980). Pendekatan AHP dikembangkan oleh Thomas Saaty. AHP memungkinkan pengambilan keputusan yang kompleks dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang saling terkait, serta menilai alternatif solusi berdasarkan skala perbandingan berpasangan (Saaty & Vargas 2012). Dalam konteks krisis seperti pandemi COVID-19, AHP berguna untuk menyeimbangkan antara kecepatan, biaya, ketahanan, dan keandalan sebagai elemen-elemen strategis dalam rantai logistik.

Kondisi darurat seperti pandemi COVID-19 yang mengakibatkan disrupsi logistik memerlukan strategi transportasi yang adaptif dan tangguh untuk mendukung keberlanjutan ekspor tuna dari Bali. Pemilihan alternatif strategi dalam penelitian ini merupakan hasil sintesis dari studi sebelumnya yang menganalisis tren dan dampak intervensi sosial terhadap logistik ekspor tuna Bali dengan pendekatan STL (*Seasonal-Trend decomposition*), ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*), dan MITSA (*Multiple Interrupted Time Series Analysis*).

Studi tersebut mengidentifikasi adanya divergensi antara volume dan nilai ekspor selama masa pandemi, terutama pada periode PPKM Darurat dan PPKM Level 3–4. Meskipun volume ekspor tetap berjalan melalui moda alternatif darat–laut, nilai ekspor menurun tajam sebagai dampak dari lonjakan biaya logistik (*freight rate*) dan penurunan harga pasar internasional. Selain itu, ketidak-seimbangan moda transportasi, seperti terbatasnya *belly cargo* (bagasi kargo pesawat penumpang komersil) pada penerbangan internasional, turut menyebabkan gangguan distribusi. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini merumuskan empat strategi:

1. Optimalisasi angkutan udara – melalui peningkatan kapasitas, frekuensi, dan aksesibilitas logistik udara.
2. Dukungan angkutan laut – sebagai moda alternatif yang lebih stabil dalam kondisi darurat.
3. Pengembangan pusat logistik terintegrasi – untuk efisiensi dan koordinasi antar moda logistik.
4. Perbaikan infrastruktur kombinasi moda darat-laut – untuk meningkatkan ekosistem transportasi regional dari daerah produksi hingga pelabuhan ekspor.

Alternatif strategi tersebut akan dievaluasi menggunakan pendekatan AHP dengan kriteria utama sebagai berikut:

1. Biaya Logistik: mencakup biaya transportasi, penyimpanan, asuransi, dan administrasi.

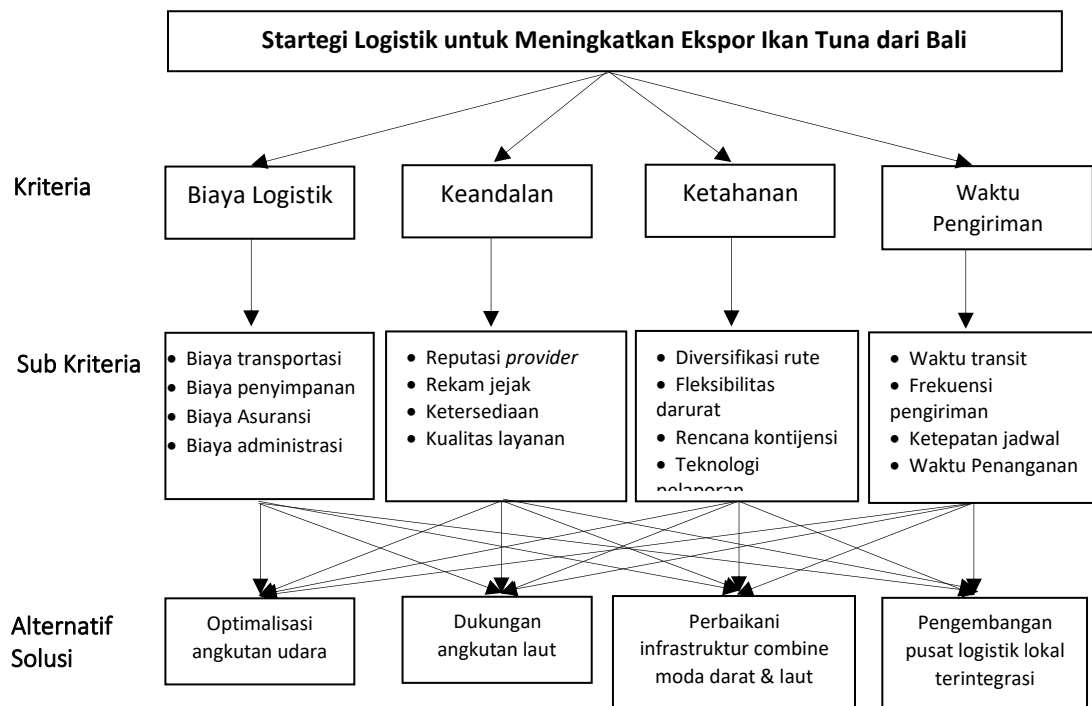
2. Keandalan: reputasi, rekam jejak, ketersediaan moda, dan kualitas layanan.
3. Ketahanan: fleksibilitas, diversifikasi rute, teknologi pelaporan, dan rencana kontijensi.
4. Waktu Pengiriman: kecepatan, ketepatan jadwal, dan efisiensi penanganan.

Melalui pendekatan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi strategis dalam menyusun kebijakan logistik ekspor yang lebih tangguh (*resilient*), tidak hanya untuk kondisi pandemi, tetapi juga untuk menghadapi potensi disrupsi global di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode pengambilan keputusan multikriteria dimana AHP digunakan untuk menganalisis prioritas dalam situasi kompleks seperti pandemi COVID-19. *Software* yang digunakan untuk mendukung proses analisis adalah *Super Decisions* ANP v2.10.0, yang mampu menyusun hierarki, melakukan perbandingan berpasangan, menghitung bobot lokal dan global, serta melakukan pengujian konsistensi.

Struktur dalam penelitian ini disusun secara hierarkis menggunakan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan dalam perangkat lunak *Super Decisions* ANP v2.10.0, terdiri dari empat level (tingkat) yaitu *goal*, *criteria*, *sub-criteria*, dan *alternatives*. (1) Tujuan, yaitu penentuan strategi logistik ekspor tuna Bali pada situasi darurat pandemi COVID-19; (2) Kriteria utama, yang mencakup biaya logistik, keandalan, ketahanan, dan waktu pengiriman; (3) Sub-Kriteria, dimana masing-masing kriteria utama dijabarkan menjadi empat aspek spesifik, seperti biaya transportasi, penyimpanan, asuransi, dan administrasi untuk kriteria biaya; serta (4) Alternatif Strategi, yang terdiri dari optimalisasi angkutan udara, dukungan angkutan laut, pengembangan pusat logistik terintegrasi, dan perbaikan infrastruktur kombinasi moda darat-laut. dalam struktur ini, setiap cluster merepresentasikan satu dimensi keputusan (kriteria utama, sub-kriteria, atau alternatif), dan setiap node mewakili elemen spesifik yang dibandingkan secara berpasangan untuk memperoleh bobot prioritas berdasarkan preferensi responden ahli. Struktur ini memungkinkan analisis logika hierarkis yang sistematis dalam mengevaluasi kompleksitas keputusan logistik pada masa krisis. Selanjutnya struktur hirarki dan jaringan dalam AHP sebagaimana Gambar 3 berikut.



Gambar 2 Struktur hirarki dan jaringan

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan penyebaran kuesioner berdasarkan perbandingan berpasangan, yang dirancang sesuai dengan metodologi AHP. Kuisisioner ini terdiri dari empat komponen utama: (1) perbandingan antara moda transportasi ekspor tuna dari Bali, (2) perbandingan kriteria utama dalam logistik ekspor, (3) perbandingan sub-kriteria dalam setiap kriteria utama, dan (4) perbandingan alternatif strategi logistik berdasarkan setiap sub-kriteria. Instrumen dirancang dengan skala dasar 1-9 yang dikembangkan oleh Saaty, di mana nilai 1 mencerminkan tingkat kepentingan yang setara antara dua elemen, dan nilai 9 menunjukkan dominasi yang sangat signifikan dari satu elemen dibandingkan yang lainnya (*pairwise comparison*) sebagaimana contoh dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan berpasangan kuisisioner

No	Kriteria A	Skala A									Skala B									Kriteria B
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	Biaya Logistik																		Keandalan	
2	Biaya Logistik																		Ketahanan	
3	Biaya Logistik																		Waktu Pengiriman	
4	Keandalan																		Ketahanan	
5	Keandalan																		Waktu Pengiriman	
6	Ketahanan																		Waktu Pengiriman	

Penelitian ini menerapkan metode *purposive sampling* untuk memilih responden ahli yang memiliki kompetensi dan pengalaman relevan di bidangnya. Responden dibagi ke dalam tiga kelompok utama guna menjamin keberagaman perspektif, yakni: (1) Lembaga Pemerintah sebagai regulator, (2) Pelaku industri dan asosiasi serta operator logistik, dan (3) Kalangan akademisi. Dari total 25 kuesioner yang dikirimkan, sebanyak 13 dinyatakan layak digunakan karena memenuhi syarat konsistensi (*Consistency Ratio* < 0,10), sehingga meningkatkan kredibilitas hasil analisis. Data kemudian diolah menggunakan pendekatan rata-rata geometrik antar responden untuk menghasilkan agregasi nilai prioritas secara keseluruhan.

Setiap responden menerima formulir kuesioner yang terdiri dari 22 pertanyaan utama, yang dibagi menjadi enam bagian penilaian:

- Bagian B: Perbandingan kriteria utama logistik (biaya logistik, waktu pengiriman, keandalan, ketahanan)
- Bagian C: Perbandingan sub-kriteria untuk setiap kriteria utama (total 16 subkriteria)
- Bagian D: Evaluasi alternatif untuk setiap sub-kriteria (Alternatif strategi logistik: Dukungan Angkutan Laut, Optimalisasi Angkutan Udara, Pengembangan Pusat Logistik Terintegrasi, Perbaikan Infrastruktur Kombinasi Darat-Laut)

Setiap pertanyaan pada bagian B dan C meminta responden untuk menyoroti tingkat kepentingan suatu kriteria atau sub-kriteria relatif terhadap yang lain dalam mendukung pencapaian tujuan utama, yaitu pemilihan strategi logistik ekspor tuna yang optimal pasca-pandemi COVID-19. Pada bagian D, membandingkan strategi alternatif responden berdasarkan sub-kriteria masing-masing. Instrumen disusun secara sistematis berdasarkan struktur hierarki yang telah ditetapkan pada tahap awal, dimulai dari level “Tujuan”, diikuti oleh “Kriteria Utama”, “Sub-Kriteria”, hingga “Alternatif Solusi”. Total perbandingan pasangan yang diajukan kepada responden adalah 132 pertanyaan per individu. Lembar kuisisioner dilengkapi dengan penjelasan singkat tentang pengisian dan interpretasi skala perhitungan.

Seluruh data dari kuesioner dianalisis menggunakan perangkat lunak *Super Decisions ANP* v2.10.0 untuk memperoleh bobot prioritas lokal dan global, serta untuk mengukur konsistensi jawaban (*Consistency Ratio/CR*). Metode ini dipilih untuk memfasilitasi pengambilan keputusan berdasarkan banyak kriteria dalam situasi yang kompleks dan tidak pasti, seperti pandemi.

Tabel 2. Karakteristik responden AHP

Kode Responden	Latar Belakang	CR
R1	Eksportir Tuna	0.07
R2	Eksportir Tuna	0.06
R3	Operator Pelabuhan	0.08
R4	Operator Pelabuhan	0.05
R5	Regulator Industri	0.07
R6	Regulator Transportasi	0.09
R7	Regulator Transportasi	0.06
R8	Asosiasi Penerbangan	0.04
R9	Asosiasi Penerbangan	0.08
R10	Asosiasi Penerbangan	0.07
R11	Asosiasi Logistik	0.05
R12	Asosiasi Logistik	0.06
R13	Asosiasi Logistik	0.07

Sumber: Hasil olahan data kuisisioner AHP oleh penulis (2025)

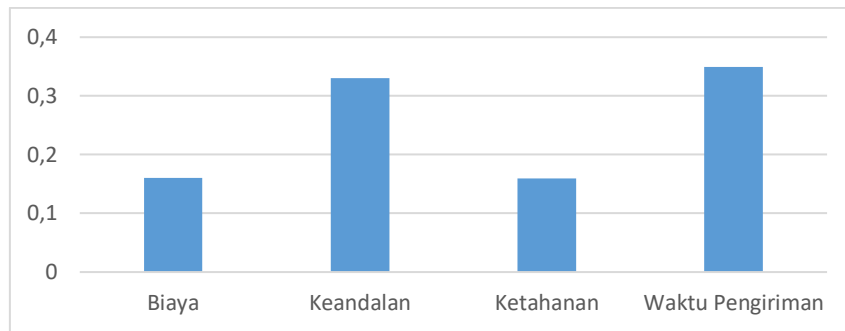
Penggunaan metode AHP dalam penelitian ini berkaitan langsung dengan konteks disrupsi logistik selama pandemi COVID-19. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pandemi mengganggu moda logistik utama, seperti transportasi udara dan laut, serta menyebabkan ketidak-teraturan dalam jadwal pengiriman. Oleh karena itu, metode AHP menyediakan landasan yang kokoh dalam strategi adaptif berdasarkan berbagai aspek logistik secara sistematis.

Metode AHP memiliki sejumlah keunggulan, termasuk kemampuan untuk mengintegrasikan aspek kuantitatif dan kualitatif dalam pengambilan keputusan serta kesesuaian untuk situasi yang tidak pasti, seperti pandemi, dimana banyak variabel sulit diukur secara numerik. Namun metode ini juga memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada subjektivitas responden dan kemungkinan adanya bias dalam proses pembobotan. Oleh karena itu, jumlah responden yang relevan dan berpengalaman merupakan faktor penting untuk memastikan validitas hasil.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penilaian Kriteria Utama

Hasil perhitungan AHP menunjukkan bahwa prioritas pada kriteria utama menempatkan waktu pengiriman sebagai faktor paling dominan dengan bobot 0.34945, diikuti oleh keandalan dengan bobot 0.33064. Kedua kriteria tersebut mencerminkan pentingnya kecepatan dan konsistensi dalam pengiriman tuna dari Bali, yang sangat relevan mengingat sifat produk yang mudah rusak. Sementara itu, biaya logistik dan ketahanan masing-masing mendapatkan bobot yang seimbang sekitar 0,16, menunjukkan bahwa meskipun keduanya penting, mereka dianggap tidak membagi waktu dan kinerja dalam konteks ekspor tuna segar dan beku. Nilai *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,00087, jauh dibawah ambang batas 0,1, menunjukkan bahwa penilaian responden konsisten dan akurat secara metodologi. Data perhitungan prioritas pada kriteria utama ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut.



Gambar 3 Hasil AHP prioritas pada kriteria utama

Gambar. 3 menunjukkan bahwa waktu pengiriman dan keandalan merupakan dua faktor yang paling krusial menurut para responden ahli. Hasil ini mencerminkan penilaian para ahli bahwa kecepatan pengiriman dan keandalan merupakan dua faktor paling penting dalam mendukung efektivitas ekspor tuna dari Bali, terutama dalam situasi pandemi COVID-19 yang penuh gangguan. Prioritas ini mencerminkan bahwa kecepatan pengiriman dan jaminan kontinuitas logistik dianggap lebih krusial daripada efisiensi biaya atau aspek ketahanan pasokan. Hasil ini sejalan dengan literatur logistik perikanan sebelumnya. Pentingnya dukungan manajemen rantai dingin yang efektif untuk mengendalikan biaya sambil mempertahankan kualitas ikan (Hanafiah *et al.* 2024). Hal ini sejalan dengan standar produk perikanan yang mudah rusak (*perishable*), jumlah pengirim sering ditingkatkan demi menjaga kesegaran, dan kesegaran lebih utama daripada skala ekonomi logistik (Asche *et al.* 2021). Dengan demikian, kriteria waktu pengiriman dan keandalan secara langsung berkaitan dengan kebutuhan menjaga kualitas ikan tuna selama distribusi.

Kriteria Waktu Pengiriman menyoroti pentingnya pengiriman cepat karena sifat tuna yang mudah rusak sehingga menekankan pada durasi dan waktu yang tepat dalam pengiriman. Dalam ekspor perikanan, setiap penundaan dapat menurunkan kualitas produk dan masa simpan, berisiko merugikan secara ekonomi. Dalam ekspor ikan segar, frekuensi pengiriman lebih diprioritaskan daripada ukuran pengiriman besar. Penekanan pada kesegaran dan menghindari kerugian akibat produk kadaluwarsa menjadi kunci daripada skala efisiensi (Asche *et al.* 2021). Hal ini menunjukkan bahwa waktu tempuh yang pendek adalah faktor utama untuk menjaga kualitas dan daya saing produk. Waktu pengiriman yang singkat sangat penting untuk meminimalkan risiko kerusakan pada produk perikanan dan kelautan (Orlando 2017).

Keandalan mengacu pada konsistensi dan kepastian bahwa proses logistik berjalan sesuai jadwal dan standar mutu yang ditetapkan. Dalam ekspor tuna, konsistensi pengiriman mencakup konsistensi dan kestabilan layanan logistik dalam memenuhi standar ekspor, termasuk rekam jejak yang akurat waktu, kualitas layanan, serta kemampuan penyedia logistik dalam menjaga keamanan dan kualitas produk selama pengangkutan. Gunanya adalah agar eksportir dan konsumen dapat percaya bahwa produk tiba dalam kondisi baik. Manajemen risiko dan ketahanan rantai pasok harus memperhatikan sistem penyimpanan dan pengiriman tepat waktu dalam rantai logistik perikanan (Rizal *et al.* 2018). Dengan manajemen yang baik, ekskursi kualitas dan gangguan produksi bisa diminimalkan. Infrastruktur dan fasilitas pendukung seperti gudang dingin yang andal juga mendukung kesegaran pengiriman produk perikanan. Tantangan rantai pasok pangan habis pakai (*perishable*) termasuk infrastruktur yang buruk dan manajemen logistik yang tidak memadai dapat menyebabkan kerugian (Osman *et al.* 2023). Artinya, memperkuat logistik misalnya melalui sistem pendingin yang terpercaya dan pemantauan rute adalah kunci meningkatkan kinerja ekspor tuna.

Biaya Logistik meliputi seluruh biaya pengiriman yang diperlukan dalam rantai logistik ekspor tuna, meliputi biaya transportasi, penyimpanan, penanganan, pajak, dan administrasi. Meskipun penting, bobot biaya relatif lebih rendah dibandingkan waktu dan keandalan dalam hasil penelitian ini. Hal ini mencerminkan bahwa eksportir tuna cenderung lebih mengutamakan kualitas dan presisi

pengiriman daripada meminimalkan biaya logistik. Pengendalian suhu dan kualitas distribusi dapat mengurangi biaya logistik jangka panjang namun tetap menjaga kualitas. Pengelolaan rantai logistik dingin yang tepat dapat memberikan efek pengendalian biaya logistik perikanan karena menjaga kualitas dan mencegah kerugian produk (Hanafiah *et al.* 2024).

Faktor ketersediaan infrastruktur, jarak dan volume juga menjadi pertimbangan utama di Indonesia dalam penentuan moda transportasi. Ekspor tuna dialihkan dari pesawat ke kapal kargo untuk mengangkut volume lebih besar dengan biaya efisien (Sastra 2025). Meski kapal lebih lambat, pengaturan jadwal dan kapasitas dapat disesuaikan untuk tetap menjaga jadwal distribusi yang sesuai permintaan pasar. Dengan kata lain, penggunaan kontainer berpendingin, peralatan pemantau suhu patut dipertimbangkan karena dapat menekan kerugian akibat kerusakan. Di Indonesia sendiri, biaya logistik masih tinggi dan tergolong mahal dibandingkan negara pesaing. Perbaikan biaya logistik melalui infrastruktur pelabuhan dan subsidi BBM dapat menjadi pertimbangan meningkatkan efisiensi.

Ketahanan merupakan kemampuan sistem logistik untuk beradaptasi terhadap kondisi darurat atau gangguan eksternal seperti pandemi, bencana alam, atau perubahan regulasi. Hal ini mencakup diversifikasi jalur transportasi, operasionalisasi, serta kesiapan dalam menghadapi situasi darurat. Meskipun bobotnya paling rendah, ketahanan masih dianggap penting demi keberlangsungan ekspor. Eksportir harus memiliki rencana cadangan (*contingency*) agar gangguan logistik tidak menyebabkan hilangnya nilai ekspor misalnya mengancam dan menurunkan kualitas selama masa transportasi. Cakupannya meliputi diversifikasi moda baik angkutan udara, angkutan laut maupun kombinasi darat dan laut, penyusunan jadwal alternatif, dan kolaborasi dengan pemangku kepentingan seperti sertifikat mutu dan karantina. Perlunya infrastruktur dan teknologi pendukung untuk ketahanan, karena infrastruktur yang buruk meningkatkan risiko keterlambatan dan kerugian (Osman *et al.* 2023).

Secara keseluruhan, prioritas kriteria AHP ini mencerminkan fokus kegiatan logistik ekspor perikanan modern. Penekanan pada waktu pengiriman dan keandalan untuk menjaga kesegaran produk dan kepercayaan pelanggan lebih diutamakan daripada efisiensi biaya logistik. Prioritas pada kesegaran ikan yang diekspor membuat pengiriman sering dilakukan dengan volume lebih kecil tetapi lebih sering untuk menghindari kelebihan umur simpan (Asche *et al.* 2021). Sementara itu, biaya logistik dan ketahanan adalah kriteria pendukung: meskipun bobotnya lebih rendah, keduanya tetap penting untuk mengurangi kerugian dan memastikan rantai pasokan tidak mudah terputus. Terlihat konsistensi antara hasil AHP pada faktor waktu pengiriman dan resolusi untuk meningkatkan daya saing ekspor tuna Bali.

Hasil Penilaian Sub-Kriteria

Setiap kriteria utama memiliki empat sub-kriteria yang dinilai berdasarkan prioritas lokal dan kemudian disintesis menjadi bobot global. Tabel 3 berikut menunjukkan hasil perhitungan bobot global dari seluruh 16 sub-kriteria.

Sub-kriteria dengan bobot global tertinggi adalah biaya transportasi (0,149) dan waktu transit (0,109) sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3. Hal ini menegaskan bahwa efisiensi biaya pengiriman dan kecepatan waktu transit adalah dua aspek paling krusial dalam mempertahankan daya saing ekspor tuna dari Bali selama gangguan pandemi COVID-19. Gangguan global dan lokal pada moda transportasi menyebabkan peningkatan tajam dalam biaya logistik, terutama untuk pengiriman udara dan laut, memaksa eksportir tuna untuk mencari opsi pengiriman alternatif atau menanggung biaya lebih tinggi demi memastikan kelangsungan rantai dingin. Akibat gangguan logistik dan kenaikan biaya pengiriman memaksa perusahaan mencari opsi alternatif (Future of Fish 2021). Waktu transit mengalami gangguan signifikan akibat keterbatasan kapasitas dan pembatasan social yang berdampak pada pengurangan tenaga kerja di pelabuhan. Perbandingan waktu transit yang meningkat tajam antara terutama pada angkutan udara yang memakan waktu dua hingga tiga hari dan angkutan laut yang memerlukan sepuluh hingga lebih dari tiga puluh hari (CEVA Logistics 2023). Temuan ini

menunjukkan bahwa efisiensi biaya dan waktu mempunyai korelasi yang kuat dengan keberlanjutan ekspor hasil laut (Mizrak 2023).

Tabel 3. Bobot lokal dan global sub-kriteria dalam penilaian strategi logistik ekspor tuna dari Bali

Kriteria	Sub-Kriteria	Bobot Lokal	Bobot Global
Biaya Logistik	Biaya Transportasi	0.403	0.149
	Biaya Penyimpanan	0.257	0.095
	Biaya Asuransi	0.183	0.068
	Biaya Administrasi	0.157	0.058
Keandalan	Reputasi Provider	0.314	0.066
	Rekam Jejak	0.291	0.061
	Ketersediaan	0.229	0.048
	Kualitas Layanan	0.166	0.034
Ketahanan	Diversifikasi Rute	0.312	0.045
	Fleksibilitas Darurat	0.285	0.041
	Rencana Kontinjensi	0.225	0.033
	Teknologi Pelaporan	0.178	0.026
Waktu Pengiriman	Waktu Transit	0.395	0.109
	Frekuensi Pengiriman	0.286	0.079
	Ketepatan Jadwal	0.186	0.051
	Waktu Penanganan	0.133	0.037

Sumber: Hasil olahan data kuisiner AHP oleh penulis (2025)

Kriteria biaya logistik mencakup sub-kriteria terkait semua pengeluaran dalam rantai logistik ekspor ikan tuna berupa biaya administrasi, asuransi, penyimpanan dan transportasi. Hasil AHP menunjukkan bahwa biaya transportasi mempunyai bobot lokal tertinggi diantara keempat sub-kriteria biaya logistik. Bobot lokal yang signifikan ini menunjukkan bahwa para ahli menganggap lonjakan yang signifikan pada biaya transportasi selama pandemi COVID-19 sebagai elemen utama yang berpengaruh. Akibatnya, bobot sub-kriteria global menjadi yang paling signifikan pada kategori biaya logistik. Sub-kriteria biaya penyimpanan berada di peringkat kedua, menunjukkan peranan penting rantai dingin dalam menjaga kesegaran dan kualitas produk perikanan. Tuna segar atau beku memerlukan fasilitas penyimpanan berpendingin mulai dari pusat produksi, selama pengiriman, hingga sampai ke lokasi pengiriman. Biaya asuransi (0.068) dan biaya administrasi (0.058) berada pada urutan berikutnya, namun tetap menunjukkan kontribusi terhadap efisiensi logistik secara keseluruhan. Proses administratif seperti pengurusan sertifikat kesehatan, prosedur karantina, dan bea keluar seringkali menjadi hambatan dalam ekspor komoditas yang mudah rusak. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan signifikan selama masa pandemi COVID-19 pada biaya transportasi dan biaya penyimpanan (*United States International Trade Commission* [USITC] 2020).

Kriteria keandalan terdiri dari sub-kriteria ketersediaan, kualitas pelayanan, rekam jejak, dan reputasi provider. Ketersediaan (bobot 0,383) memiliki bobot tertinggi, menunjukkan signifikansi akses terhadap layanan logistik yang konsisten. Gangguan layanan, termasuk penghentian jadwal angkutan udara dan laut selama pandemi COVID-19, semakin mengurangi ketersediaan logistik (USITC 2020). Kualitas pelayanan (0,313) juga signifikan, karena produk tuna sangat bergantung pada kualitas logistik dingin. Kualitas mencakup penanganan yang mempertahankan kesegaran selama proses pengiriman yang mengalami kendala; penyedia logistik harus menjaga standar mutu pelayanan agar nilai ikan tidak

berkurang atau rusak. Penyedia reputasi (0,155) dan rekam jejak (0,149) memiliki bobot yang lebih rendah, namun tetap krusial dalam pemilihan mitra logistik yang dapat diandalkan dan terbukti tangguh terhadap gangguan. Secara keseluruhan, sub-kriteria ini menekankan bahwa kepercayaan dan konsistensi layanan harus menjadi prioritas dalam strategi ekspor selama pandemi COVID-19.

Kriteria Ketahanan meliputi diversifikasi rute, fleksibilitas darurat, rencana kontinjensi dan teknologi pelaporan. Sub-kriteria rencana kontinjensi (0,287) menduduki peringkat tertinggi karena pandemi memerlukan perencanaan darurat yang komprehensif. Kontinjensi perencanaan meliputi identifikasi potensi gangguan dan strategi mitigasi, seperti pelestarian moda transportasi (Black & Glaser-Segura 2020). Teknologi pelaporan (0,279) memiliki tingkat kepentingan yang hampir setara. Ditengah-tengahnya, kecepatan informasi menjadi prasyarat untuk mengambil keputusan alternatif. Pemanfaatan IoT, *blockchain*, atau sistem pelacakan real-time meningkatkan visibilitas rantai pasokan dan memantau kondisi tuna selama pengiriman terganggu (Sengupta *et al.* 2022). Informasi yang diterima dengan cepat dan komprehensif mendukung pengambilan keputusan yang adaptif. Diversifikasi rute (0,248) juga penting, karena dalam situasi lockdown, dapat menyediakan rute alternatif melalui moda transportasi udara, laut, atau kombinasi keduanya untuk memastikan kelancaran pengiriman. Fleksibilitas darurat (0,186) berkaitan dengan kemampuan untuk segera beralih antara moda atau dengan pengaturan jadwal untuk mengatasi hambatan yang mungkin terjadi sewaktu-waktu. Fleksibilitas mendorong kemampuan untuk beralih moda; jika penerbangan terhenti, pengiriman dapat dialihkan melalui kapal, meskipun memerlukan waktu lebih lama. Permintaan akan rantai pasok yang fleksibel dan adaptif untuk meningkatkan ketahanan (Sengupta *et al.* 2022). Pandemi menunjukkan kebutuhan akan desain rantai yang lebih fleksibel agar perusahaan dapat dengan cepat memindahkan sumber pengiriman sesuai dengan kondisi yang ada.

Kriteria waktu pengiriman terdiri dari frekuensi pengiriman, ketepatan jadwal, waktu penanganan dan waktu transit. Sub-kriteria ketepatan jadwal (0,377) yang tertinggi menunjukkan bahwa kedatangan tepat waktu sangat krusial untuk produk yang mudah rusak seperti tuna. Namun, selama pandemi meningkat batalnya penerbangan dan tertundanya kedatangan kapal menyebabkan penjawalan sering tidak tepat waktu (USITC 2020). Prioritas ketepatan jadwal mendorong strategi yang menekankan buffer waktu dan opsi darurat misalnya untuk moda udara dengan menyewa pesawat kargo sewa khusus. Frekuensi pengiriman (0,224) pada peringkat selanjutnya menunjukkan bahwa selama pandemi, berbagai penyedia layanan melakukan efisiensi dengan mengurangi frekuensi angkutan yang mengakibatkan penurunan jumlah penerbangan kargo dan pelayaran, sehingga jadwal pengiriman menjadi jarang dan perlu dioptimalkan untuk volume ekspor (Future of Fish 2021). Waktu transit (0,211) menjadi faktor penting selanjutnya, dimana pembatasan sosial berdampak memperpanjang durasi pelayanan di pelabuhan atau bandara dan juga lokasi transit, sehingga memperlambat pengiriman. Waktu penanganan (0,187) di bandara dan pelabuhan juga mengalami gangguan akibat pembatasan sosial, yang berdampak pada antrean panjang dan menambah total waktu pengiriman.

Hasil Penilaian Alternatif

Analisis strategi alternatif dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pendekatan logistik yang paling efisien dalam menghadapi situasi darurat seperti pandemi COVID-19 terhadap ekspor perikanan tuna dari Bali. Empat alternatif strategi yang diuji adalah: optimalisasi angkutan udara, dukungan angkutan laut, pengembangan pusat logistik terintegrasi, dan perbaikan infrastruktur kombinasi moda darat & laut. Keempat alternatif tersebut dipilih berdasarkan kondisi aktual di lapangan dan hasil wawancara dengan ahli dari berbagai institusi logistik dan ekspor perikanan di Bali. Melalui pendekatan AHP, bobot dan prioritas setiap alternatif dihitung berdasarkan kriteria utama (biaya, keandalan, ketahanan, dan waktu pengiriman) serta 16 sub-kriteria. Penilaian ini memberikan landasan strategis bagi pengambil kebijakan untuk menetapkan prioritas intervensi logistik secara efektif dan terukur sebagaimana hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan prioritas alternatif strategi logistik ekspor tuna bali berdasarkan analisis AHP

Alternatives	Total	Normal	Ideal	Ranking
Dukungan Angkutan Laut	0.1111	0.3333	0.7974	2
Optimalisasi Angkutan Udara	0.1393	0.418	1	1
Pengembangan pusat logistik terintegrasi	0.0499	0.1498	0.3583	3
Perbaikani infrastruktur kombinasi moda darat dan laut	0.033	0.0989	0.2366	4

Sumber: Hasil olahan data kuisioner AHP oleh penulis, 2025

Hasil akhir perhitungan menggunakan metode AHP pada Tabel 4 menunjukkan bahwa strategi Optimalisasi Angkutan Udara menduduki peringkat teratas dengan bobot ideal tertinggi sebesar 1.0000 dan bobot normal 0.4180. Hal ini mencerminkan kuatnya preferensi angkutan udara dalam mendukung ekspor tuna Bali, khususnya untuk menjaga kualitas produk segar bernilai tinggi yang sangat sensitif terhadap waktu dan suhu. Posisi kedua diisi oleh dukungan angkutan laut (ideal: 0.7974; normal: 0.3333) sebagai alternatif strategi. Sementara itu, Pembangunan Pusat Logistik Terpadu (ideal: 0,3583; normal: 0.1498) menempati posisi ketiga, yang menunjukkan perlunya dukungan infrastruktur konsolidasi logistik lokal dalam jangka panjang. Terakhir, perbaikan infrastruktur kombinasi moda darat dan laut berada diposisi keempat (ideal: 0,2366; normal: 0.0989), menunjukkan perlunya peningkatan kualitas jalan dan fasilitas pendukung sebelum menjadi pilihan utama. Peningkatan ini menyajikan gambaran yang jelas mengenai preferensi strategi yang perlu diambil untuk memastikan kelancaran dan keinginan ekspor tuna dari Bali menghadapi situasi darurat seperti pandemi COVID-19 dan juga pasca pandemi.

Optimalisasi Angkutan Udara

Pandemi COVID-19 berdampak besar pada transportasi udara, khususnya ekspor hasil perikanan tuna dari Bali yang sangat bergantung pada oda transportasi udara. Salah satu gangguan yang paling signifikan adalah penurunan drastis frekuensi penerbangan baik domestik maupun internasional dimana penurunannya lebih dari 90% pada periode April hingga Mei 2020. Penerbangan internasional ke negara tujuan utama seperti Jepang sempat ditutup sepenuhnya, mengakibatkan hilangnya kapasitas angkutan kargo yang selama ini bergantung pada ruang kargo pesawat penumpang. *Belly cargo* menyumbang sekitar 50% dari kapasitas pengangkutan produk perikanan di seluruh dunia sebelum pandemi, namun pada bulan Mei 2020 kapasitas ini anjlok hingga hanya 4% secara global (IATA Economics 2020). Terlebih lagi, kondisi yang juga terjadi secara global, penerapan pembatasan sosial dan protokol kesehatan telah mengakibatkan pengurangan tenaga kerja hingga 70% di sektor *ground handling* dan administrasi bandara, sehingga memperpanjang waktu tunggu (*dwelling time*) dan menimbulkan *backlog cargo* (penumpukan muatan) di area bandara (Leng 2021). Gangguan ini diperparah dengan pembatasan jam operasional yang diberlakukan pada instansi terkait seperti Bea Cukai dan Karantina sehingga mengakibatkan tertundanya proses perizinan, validasi dokumen ekspor, dan penjadwalan penerbangan. Dampaknya mengakibatkan keterbatasan kapasitas kargo sehingga meningkatkan biaya logistik udara secara signifikan, dengan dilaporkan adanya kenaikan tarif pengiriman kargo dari Asia ke Eropa hingga 158% dalam dua minggu pertama pandemi, sehingga menekan margin keuntungan (Kimura & Zen 2023).

Penelitian ini merumuskan sejumlah strategi untuk alternatif optimalisasi angkutan udara yang telah diidentifikasi dengan tujuan meningkatkan keandalan dan efisiensi logistik ekspor komoditas perikanan tuna dari Bali. Strategi-strategi ini dirancang tidak hanya sebagai solusi taktis jangka pendek, tetapi juga sebagai pendekatan struktural jangka panjang untuk memperkuat ketahanan logistik udara. Tabel 5 berikut merangkum opsi strategis utama dalam optimalisasi angkutan udara yang relevan.

Tabel 5. Strategi alternatif optimalisasi angkutan udara untuk mendukung logistik ekspor tuna dari Bali

Strategi	Penjelasan
A. <i>Preighter</i> (Pesawat penumpang menjadi pesawat kargo)	Konversi kapasitas penumpang menjadi kargo (<i>preighter</i>) karena <i>belly capacity</i> turun drastis (hanya 4% di Mei 2020) dimana <i>preighters</i> dapat mengisi hingga 25% kapasitas kargo global (CAPA, 2022).
B. <i>Dedicated freighter</i> (Pesawat kargo langsung)	Jalur langsung seperti Bali–Jepang/AS/UE via maskapai kargo bisa mengurangi ketergantungan <i>belly</i> dan stabilkan jadwal serta mutu ekspor (IATA Economics, 2022).
C. Konsolidasi via hub regional	Konsidator muatan dari Bali untuk dikirim ke hub seperti Jakarta atau Singapura menggunakan pesawat Hercules milik TNI-AU atau pesawat sewa.
D. Digitalisasi slot dan <i>clearance</i> (pengurusan perizinan)	Sistem <i>e-booking</i> slot (CAPA, 2025) dan <i>e-clearance</i> (Sydney Airport, 2023) mempercepat proses administrasi dan menekan <i>dwelling time</i> .
E. Subsidi & skema insentif	Menurunkan biaya logistik untuk produk pangan merupakan rekomendasi efisiensi oleh FAO untuk masa <i>recovery</i> (FAO, 2020).
F. Revitalisasi infrastruktur kargo	Peningkatan kapasitas <i>cold storage</i> bandara untuk penanganan cepat dan mutu produk terjaga.

Sumber: Diolah dari CAPA (2022, 2025), IATA Economics (2022), FAO (2020), Sydney Airport (2023), dan Sari *et al.* (2022)

Dukungan Angkutan Laut

Pandemi COVID-19 telah menyebabkan gangguan signifikan terhadap rantai logistik ekspor tuna dari Bali. Penurunan produksi secara menyeluruh sebagai akibat menurunnya dukungan faktor produksi, terbatasnya tenaga kerja, dan penerapan protokol kesehatan yang menurunkan kapasitas produksi. Hal ini mengakibatkan penurunan volume kontainer, sehingga transportasi laut menjadi tidak ekonomis, seperti yang tercermin dari penurunan faktor muatan dan memaksa Meratus menghentikan layanan kontainernya ke Bali pada awal pandemi. Meskipun Samudera Indonesia sempat melanjutkan layanan pada Juli 2022, operasi dihentikan kembali pada akhir tahun tersebut karena faktor muatan yang tetap rendah. Situasi ini mendorong eksportir untuk beralih ke pengiriman darat ke Surabaya melalui truk, menghadapi berbagai tantangan, termasuk infrastruktur jalan yang tidak memadai untuk kendaraan panjang dan kebutuhan pengawalan aparat untuk mengantisipasi pengangkutan transportasi, yang pada akhirnya meningkatkan biaya dan risiko logistik. Sementara itu, kenaikan tarif angkutan laut global yang melonjak drastis pada Q2-Q3 2021 akibat menumpuk di pelabuhan utama semakin menyebabkan ketidakandalan jadwal pengiriman. Permasalahan diperparah oleh keterbatasan infrastruktur Pelabuhan Benoa yang tidak dilengkapi dengan sistem kontainerisasi (CFS/ICS) yang memadai, peralatan bongkar muat modern, atau gudang *reefer* yang cukup, sehingga operator lebih memilih menggunakan hub Surabaya meskipun biayanya lebih tinggi dan waktu yang dibutuhkan lebih lama.

Penelitian ini merumuskan beberapa strategi untuk alternatif dukungan angkutan laut yang telah diidentifikasi dengan tujuan meningkatkan keandalan dan efisiensi logistik ekspor komoditas perikanan tuna dari Bali. Tabel 6 berikut merangkum opsi strategis utama dalam dukungan angkutan laut yang relevan.

Tabel 6. Strategi alternatif dukungan angkutan laut untuk mendukung logistik ekspor tuna dari Bali

Strategi	Penjelasan
A. FGD & Rute Pendulum	Kolaborasi antara pemangku kepentingan (Pemprov Bali, KKP, ATLI, dan Operator) untuk membuka kembali layanan ke Bali. Opsi rute Surabaya–Bali–Lombok–Kupang menjadi salah satu pilihan rute pendulum untuk memperbaiki <i>load factor</i> (rasio kapasitas muatan).
B. Hentikan Pengawasan Darat ke Surabaya	Menutup opsi <i>trucking</i> ke Surabaya karena tidak sesuai dengan kapasitas jalan akan mendorong eksportir memilih moda laut.
C. Roro & Kombinasi Penumpang–Kontainer	Memberi izin dan mendorong operator roro (penyeberangan mobil dan kontainer) untuk masuk ke Pelabuhan Benoa. Muatan kontainer di atas <i>chassis</i> dan menyediakan ruang untuk kendaraan penumpang menjadi skema komplementer antara penumpang, kendaraan dan kontainer dengan tujuan menutupi beban operasional
D. Insentif & Subsidi Sementara	Mendukung jalur laut melalui skema tariff subsidi atau CER (<i>Conditional Export Route</i>) untuk menstimulasi operasional pelayaran, sebagaimana direkomendasikan oleh FAO untuk memperkuat rantai pasok di tengah krisis.
E. Fasilitas Terminal Benoa	Peningkatan infrastruktur depo konsolidasi (<i>Container Freight Station</i> [CFS]), <i>cold storage</i> , dan <i>reach stacker</i> memadai untuk mendukung armada <i>feeder</i> danantisipasi lonjakan ekspor.
F. Depo Konsolidasi (CFS)	Mendirikan depo konsolidasi di Benoa memungkinkan eksportir kecil menggabungkan muatan, memudahkan pemenuhan muatan kontainer FCL (<i>Full Container Load</i>) dan stabilisasi <i>load factor</i> .

Sumber: Diolah oleh penulis dari hasil FGD Pemprov Bali–KKP–ATLI (2022), Laporan Pelabuhan Benoa (2022), dan Rekomendasi FAO (2020)

Pengembangan Pusat Logistik Terintegrasi

Kondisi disrupti logistik selama pandemi COVID-19 menyadarkan bahwa Bali memerlukan Pusat Logistik Terintegrasi (PLT) untuk mengatasi berbagai tantangan logistik yang menghambat efisiensi ekspor tuna. Pertama, keterbatasan infrastruktur rantai dingin diperburuk oleh pengurangan frekuensi penerbangan dan penutupan rute internasional selama pandemi, yang memperpanjang waktu simpan produk perikanan tuna dan meningkatkan risiko penurunan kualitas. Kedua, tanpa layanan konsolidasi muatan ekspor, pengiriman ekspor bersifat sendiri-sendiri dari produsen sehingga sulitnya memenuhi persyaratan minimum kapasitas untuk ekspor via laut atau udara, menyebabkan mahalnya tarif logistik. Ketiga, aktivitas logistik yang terfragmentasi: gudang di lokasi berbeda dengan bandara atau pelabuhan, pengurusan dokumen ekspor terpisah dari penanganan barang, serta tidak adanya sistem koordinasi waktu menyebabkan waktu proses (*lead time*) panjang dan biaya tinggi (*high logistics cost*).

Penelitian ini merumuskan sejumlah strategi untuk alternatif pengembangan pusat logistik terintegrasi yang telah diidentifikasi dengan tujuan meningkatkan keandalan dan efisiensi logistik ekspor komoditas perikanan tuna dari Bali. Tabel 7 berikut merangkum opsi strategis utama dalam pengembangan pusat logistik terintegrasi yang relevan.

Tabel 7. Strategi alternatif pengembangan pusat logistik terintegrasi untuk mendukung logistik ekspor tuna dari Bali

Strategi	Penjelasan
A. Pusat <i>Cold Chain</i> (rantai dingin) & <i>Buffer Storage</i> (penyimpanan sementara)	Menyediakan fasilitas <i>cold storage</i> di satu lokasi terpadu yang menjadi “ <i>buffer zone</i> ” saat frekuensi penerbangan turun.
B. Konsolidasi Muatan Ekspor (CFS)	Menggabungkan muatan dari berbagai eksportir dalam satu kontainer penuh sebelum ekspor untuk mengatasi masalah <i>minimum export volume</i> , meningkatkan efisiensi biaya, memperbaiki <i>load factor</i> , dan menjadi daya tarik bagi operator laut/udara.
C. Integrasi Gudang & Dokumen (<i>One-Stop Clearance</i>)	Menyatukan lokasi fisik gudang, dokumen ekspor, Bea Cukai, dan KKP untuk mempersingkat <i>lead time</i> , mengurangi biaya logistik dan mencegah fragmentasi proses yang menyebabkan <i>dwelling time</i> tinggi dan risiko mutu tuna menurun.
D. Konsolidasi Infrastruktur <i>Cold Chain</i> dan <i>Handling</i> SDM	Menjadi pusat pelatihan dan standar kualitas (HACCP dan Global G.A.P.) sekaligus menyediakan fasilitas penanganan lanjutan, sehingga meningkatkan skill SDM dan memperkuat protokol mutu pengepakan tuna segar.
E. Fasilitasi Rute Laut & Udara melalui Load Pooling	Dengan volume muatan stabil, operator angkutan laut/udara terdorong membuka rute reguler ke Bali. Hal ini menciptakan sinergi antara moda, memperkuat keandalan pengiriman udara dan laut, serta meminimalisir ketergantungan pada <i>trucking</i> darat ke Surabaya.

Sumber: Diolah oleh penulis dari hasil FGD sektor logistik dan perikanan Bali (2022) dan pedoman teknis HACCP dan FAO (2020)

Perbaiki Infrastruktur Kombinasi Moda Darat dan Laut

Opsi kombinasi merupakan pilihan terakhir akibat terbatasnya ketersediaan moda logistik. Infrastruktur jalan yang tidak dirancang untuk truk kontainer panjang, mengakibatkan kemacetan parah, risiko kerusakan, potensi kecelakaan serius, dan konflik dengan lalu lintas wisata. Pentingnya infrastruktur yang memadai dan keandalan dalam layanan mengurangi dampak pandemi pada bisnis *trucking* nasional (Sugianto *et al.* 2023). Namun fakta di lapangan yang terjadi, kurangnya fasilitas pendukung truk, termasuk tempat istirahat dan layanan perbaikan darurat di sepanjang jalur Bali-Surabaya semakin memperparah risiko fatigue dan kecelakaan pengemudi. Protokol kesehatan yang ketat, termasuk verifikasi dokumen COVID-19, memperpanjang waktu transportasi dan mengancam kualitas tuna akibat antrean yang panjang. Ketergantungan pada Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya meningkatkan biaya dan kompleksitas logistik, sementara melonjaknya tarif angkutan udara dan penumpukan kapal di Surabaya, dengan penundaan di seluruh dunia mencapai 60%, memperburuk ketidakpastian jadwal pelayaran (Verschuur *et al.* 2020). Kombinasi faktor-faktor ini menjadikan kombinasi darat-laut menjadi tidak efisien, berisiko tinggi, dan mahal.

Penelitian ini merumuskan beberapa strategi alternatif dukungan angkutan laut yang telah diidentifikasi dengan tujuan meningkatkan keandalan dan efisiensi logistik ekspor komoditas perikanan tuna dari Bali. Tabel 8 berikut merangkum opsi strategis utama dalam perbaikan infrastruktur kombinasi darat dan laut.

Tabel 8. Strategi alternatif perbaikan infrastruktur kombinasi darat dan laut untuk mendukung logistik ekspor tuna dari Bali

Strategi	Penjelasan
A. Rekonstruksi segmen jalan utama	Memperlebar dan memperkuat jalan utama dari pusat produksi ke hub terdekat seperti Surabaya agar dapat dilalui truk kontainer panjang. Meski memerlukan investasi dan waktu besar, rekonstruksi ini menurunkan kemacetan dan risiko mogok/kecelakaan, serta mendukung kecepatan logistik.
B. Penggunaan truk CDE/CDD (kapasitas kecil)	Alternatif mengatasi infrastruktur sempit: menggunakan truk <i>reefer box</i> ukuran CDE dan CDD yang lebih lincah di jalan sempit dan mengurangi tekanan geometri jalan utama (Trans Truck, 2023).
C. Pembangunan <i>trans-shipment yard</i>	Fasilitas <i>staging</i> (penumpukan) dan konsolidasi di titik strategis untuk memecah muatan ke truk kecil; menyederhanakan rute, mempercepat proses muat, dan menjaga kestabilan <i>cold chain</i> .

Sumber: Diolah oleh penulis dari Trans Truck (2023), laporan Dishub Provinsi Bali (2022), dan hasil FGD sektor transportasi dan logistik (2022)

KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis AHP dalam penelitian ini menyimpulkan bahwa waktu pengiriman dan keandalan menjadi faktor paling dominan dalam menjaga kelangsungan ekspor tuna Bali selama disrupsi COVID-19. Strategi terbaik adalah optimasi angkutan udara karena menjamin kecepatan dan integritas cold logistic untuk produk perishable dan bernilai tinggi. Dukungan angkutan laut mengisi peran kedua, menawarkan kapasitas muatan lebih besar dengan biaya lebih rendah. Bobot relatif rendah untuk biaya dan ketahanan menunjukkan eksportir mengutamakan kualitas produk dan bersedia menerima biaya lebih tinggi.

Beberapa rekomendasi yang dapat diberikan sebagai hasil penelitian ini adalah:

- Triple Helix Collaboration*: Sinergi pemerintah-eksportir-penyedia logistik untuk operasionalisasi badan konsolidator. Pemerintah daerah Bali bersama asosiasi logistik seperti ATLI dan pelaku usaha perlu membentuk badan pengelola konsolidator logistik. Tujuannya adalah mengonsolidasikan volume ekspor agar dapat memenuhi minimum kapasitas bagi layanan dedicated cargo flight maupun pemenuhan load factor angkutan laut kontainer. Tanpa konsolidasi, sulit menjamin kesinambungan rute, khususnya pada masa pemulihan atau disrupsi global. Hal ini selaras dengan model cargo pooling dan shared logistics services yang direkomendasikan FAO (2022).
- Pengawasan Ketat Moda Kombinasi Darat–Laut: mengingat kelas jalan di Bali belum dirancang untuk truk kontainer panjang, maka penggunaan kombinasi moda trucking ke Surabaya (lalu lanjut kapal laut) perlu dikaji secara berkala dan diatur secara ketat. Kegiatan ini menimbulkan risiko kemacetan, kecelakaan, dan mengganggu aliran wisatawan—padahal pariwisata menyumbang >50% PDRB Bali (BPS, 2023).

Strategi logistik ekspor tuna Bali harus memadukan kecepatan, keandalan, ketahanan dan biaya dengan dukungan teknologi dan kebijakan adaptif. Rekomendasi di atas tidak hanya relevan untuk pandemi, tetapi juga untuk krisis iklim, gejolak geopolitik, atau bencana alam.

Penelitian ini memberikan gambaran strategis terhadap pemilihan moda logistik ekspor tuna dari Bali pasca pandemi COVID-19 dengan pendekatan AHP. Namun, pendekatan AHP masih memiliki keterbatasan dalam hal analisis kuantitatif terhadap dampak biaya dan manfaat ekonomi dari masing-masing alternatif strategi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk

mengintegrasikan AHP dengan pendekatan *Cost-Benefit Analysis* (CBA) guna memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terkait efisiensi dan kelayakan ekonomi strategi logistik yang dipilih.

Selain itu, penggunaan metode simulasi dinamik (System Dynamics Modeling) juga disarankan untuk memetakan hubungan antar elemen dalam rantai pasok ekspor tuna secara temporal dan interaktif, terutama dalam kondisi disrupsi seperti pandemi atau gangguan geopolitik. Simulasi ini akan sangat bermanfaat untuk mengestimasi dampak jangka panjang dari pilihan strategi, serta memungkinkan pengujian skenario kebijakan logistik secara lebih adaptif dan resilien.

Penelitian lanjutan yang menggabungkan metodologi multi-kriteria dan pendekatan ekonomi-sistemik diharapkan dapat memperkuat dasar perumusan kebijakan logistik ekspor yang lebih berdaya tahan, adaptif, dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, M. I., Tahir, R., Haris, A., Agusanty, H., & Saleh, M. S. (2024). Trends in Indonesia's Fishery Commodity Exports. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 8(1), 44–62. <https://doi.org/10.35911/TORANI.V8I1.42086>.
- Anna, Z., Djuari, J., & Khan, A. M. A. (2021). Covid-19 impacts on small-scale tuna fisheries operation in eastern Indonesia: a preliminary snapshot study of pole-and-line and handline tuna fishers' perceptions. *AACL Bioflux*, 14(3), 1778–1785. https://www.researchgate.net/publication/353259205_Covid-19_impacts_on_small-scale_tuna_fisheries_operation_in_eastern_Indonesia_a_preliminary_snapshot_study_of_pole-and-line_and_handline_tuna_fishers'_perceptions.
- Asche, F., Straume, H. M., & Vårdal, E. (2021). Perish or prosper: Trade patterns for highly perishable seafood products. *Agribusiness*, 37(4), 876–890. <https://doi.org/10.1002/AGR.21704;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>.
- ATLI. (2023). Laporan Kinerja ATLI 2023.
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51, 26–35. <https://doi.org/10.1016/J.AQUAENG.2012.07.004>.
- Black, S., & Glaser-Segura, D. (2020). Supply Chain Resilience in a Pandemic: The Need for Revised Contingency Planning. *Management Dynamics in the Knowledge Economy*, 8(4), 325–343. <https://doi.org/10.2478/MDKE-2020-0021>.
- BPS. (2023). PDRB Tahunan Provinsi Bali Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. BPS. <https://bali.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzYzIzI=/pdrb-tahunan-provinsi-bali-atas-dasar-harga-berlaku-menurut-lapangan-usaha.html>.
- CAPA. (2022, August 11). “Preighter” Use in Aviation to End, But Air Cargo Has Had A “Good” Pandemic. CAPA. https://centreforaviation.com/analysis/reports/preighter-use-in-aviation-to-end-but-air-cargo-has-had-a-good-pandemic-618678?utm_source=chatgpt.com.
- CAPA. (2025, March 10). E-booking platforms: Driving digital change in air cargo. CAPA. https://www.stattimes.com/air-cargo/e-booking-platforms-driving-digital-change-in-air-cargo-1354701?utm_source=chatgpt.com.
- CEVA Logistics. (2023, November 4). From Sea To Plate: Insights Into The Seafood Export Journey. CEVA Logistics Insights. <https://www.cevalogistics.com/en/ceva-insights/insights-into-the-seafood-export-journey>.

- FAO. (2020). COVID-19 and The Risk to Food Supply Chains: How to Respond. In COVID-19 and the risk to food supply chains: how to respond. FAO. <https://doi.org/10.4060/CA8388EN>
- FAO. (2022). Global Plan of Action for the Conservation, Sustainable Use and Development of Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture. In Global Plan of Action for the Conservation, Sustainable Use and Development of Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9905en>.
- Forum Fisheries Secretariat. (2020). Impacts of COVID-19 on Economic Benefits from the Tuna Fishery.
- Future of Fish. (2021). Global Impacts of The COVID 19 Pandemic on The Seafood Industry. https://www.futureoffish.org/wp-content/uploads/2022/03/Global-Impacts-of-Covid-Oct-2021_Nov1_v2.pdf.
- Grahadyarini, B. L. (2020, June 2). Ekspor Perikanan Naik di Tengah Pandemi Covid-19. Kompas. <https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2020/06/02/ekspor-perikanan-naik-di-tengah-pandemi-covid-19>.
- Hanafiah, H., Azami, E., Fitriyandi, D., & Rianto Rahadi, D. (2024). Logistic Analysis of Fishery Cold Supply Chain. *Journal of Economics, Finance and Management Studies*, 7(6), 3068. <https://doi.org/10.47191/jefms/v7-i6-04>.
- IATA Economics. (2020). Air Cargo Improved in May, But a Full Recovery Will Take Time. https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis-may-2020/?utm_source=chatgpt.com.
- IATA Economics. (2022). Chart of the Week: Importance of Freighters in Q2 2020. https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/the-importance-of-freighters-seems-to-start-to-diminish/?utm_source=chatgpt.com.
- Kimura, F., & Zen, F. (2023). Reconnecting ASEAN: The Impact of the COVID-19 Pandemic on Trade, Transport, E-Commerce and the Mobility of People. <https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/RPR-2023-06/Reconnecting-ASEAN-Impact-of-COVID-19-Pandemic-Trade-Transport-E-Commerce-People-Mobility.pdf>.
- KKP. (2024). Hari Tuna Sedunia, KKP Akan Tingkatkan Kualitas dan Jangkauan Pasar Tuna Indonesia. Kementerian Kelautan Dan Perikanan. <https://kkp.go.id/news/news-detail/hari-tuna-sedunia-kkp-akan-tingkatkan-kualitas-dan-jangkauan-pasar-tuna-indonesia.html>.
- Leng, C. Y. (2021). Shipping Disruption and Freight Rates in the Wake of COVID-19. Maritime Institute of Malaysia. https://www.researchgate.net/publication/351276787_Shipping_Disruption_and_Freight_Rates_in_the_Wake_of_COVID-19.
- Mizrak, F. (2023). Managing Risks and Crises in the Logistics Sector: A Comprehensive Analysis of Strategies and Prioritization Using AHP Method. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 7(Özel Sayı), 114–148. <https://doi.org/10.54707/MERIC.1335033>.
- Nyiauwung, R. A., Ehrlick, T., Bennett, N. J., Brunet, N. D., Matos, F., Pita, C., Stoll, J. S., & Loring, P. A. (2024). Fisheries and the COVID-19 pandemic: A global scoping review of the early pressures, impacts, and responses in least developed, emerging, and developed countries. *Regional Studies in Marine Science*, 74, 103501. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2024.103501>.
- Orlando, D. (2017). Freshness Remains Elusive for Seafood Delivery: Study Finds Temperature Control Still a Struggle for Many Vendors. *Supermarket News*. <https://www.supermarketnews.com/seafood/freshness-remains-elusive-for-seafood-delivery>.

- Osman, S. A., Xu, C., Akufu, M., Paul, E. R., Osman, S. A., Xu, C., Akufu, M., & Paul, E. R. (2023). Perishable Food Supply Chain Management: Challenges and the Way Forward. *Open Journal of Social Sciences*, 11(7), 349–364. <https://doi.org/10.4236/JSS.2023.117025>.
- Pettit, T. J., Croxton, K. L., & Fiksel, J. (2019). The resilience of supply chains: A systematic literature review and framework development. *International Journal of Production Economics*, 211, 115–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.036>.
- Prabhawa, B. (2023, May 4). Sumber Daya Laut Bali Melimpah, Tahun 2022 Bali Ekspor Produk Perikanan Capai 26.468 Ton. *Forumkeadilanbali.Com*. <https://forumkeadilanbali.com/sumber-daya-laut-bali-melimpah-tahun-2022-bali-ekspor-produk-perikanan-capai-26-468-ton/>
- Rizal, A., Aprilia, L., Nurruhwati, I., & Nurhayati, A. (2018). The Elasticity of Demand For Catfish Products (*Clarias* sp.) In Bandung City of Indonesia. *World Scientific News*, 102(6), 76–89. https://www.researchgate.net/publication/325811982_The_Elasticity_of_Demand_For_Catfish_Products_Clarias_sp_In_Bandung_City_of_Indonesia.
- Rosado, C., Kurniati, E., & Peck, M. (2022). Resilience of Small-Scale Fisheries to COVID-19: A Case Study from North Bali, Indonesia. *Sustainable Development Goals Series, Part F2701*, 137–154. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87417-9_10.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. (2012). Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process. In ... -Driven Demand and Operations Management Models. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>.
- Sari, D. P., Wicaksono, A., & Hidayat, T. (2022). Cold chain logistics in fisheries exports: Time sensitivity and infrastructure challenges. *Journal of Supply Chain Innovation*, 7(2), 55–69. <https://doi.org/10.20473/josci.v7i2.2022.55-69>.
- Sastra, Y. (2025, March 21). Sumbar Ekspor Tuna ke AS, Kapal Kargo Efisienkan Pengiriman. *Kompas*. <https://www.kompas.id/artikel/sumbar-ekspor-tuna-ke-as-kapal-kargo-efisienkan-pengiriman>.
- Sengupta, T., Narayanamurthy, G., Moser, R., Pereira, V., & Bhattacharjee, D. (2022). Disruptive Technologies for Achieving Supply Chain Resilience in COVID-19 Era: An Implementation Case Study of Satellite Imagery and Blockchain Technologies in Fish Supply Chain. *Information Systems Frontiers*, 24(4), 1107–1123. <https://doi.org/10.1007/S10796-021-10228-3/FIGURES/9>.
- Sugianto, I. M., Pujawan, I. N., & Trijoyo Purnomo, J. D. (2023). A study of the Indonesian trucking business: Survival framework for land transport during the Covid-19 pandemic. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 84, 103451. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2022.103451>.
- Sydney Airport. (2023). Green Paper Submission. https://www.infrastructure.gov.au/sites/default/files/documents/agp2023-submission-c133-sydney-airport.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- Trans Truck. (2023, September 8). Are CDD trucks widely used in Indonesia? Here's the Explanation! Trans Truck. https://blog.transtrack.co/en/industry-trends/transportation/cdd-truck/?utm_source=chatgpt.com.
- United States International Trade Commission. (2020). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Freight Transportation Services and U.S. Merchandise Imports. USITC. https://www.usitc.gov/research_and_analysis/tradeshifts/2020/special_topic.html.

Verschuur, J., Koks, E., & Hall, J. (2020). The Implications of Large-Scale Containment Policies on Global Maritime Trade During the COVID-19 Pandemic. ArXiv. <https://arxiv.org/pdf/2010.15907>.