

Keberlanjutan Budidaya Ikan Bawal Bintang (*Trachinotus blochii*) pada Tahap Pendederan di Keramba yang Diberi Pakan Komersil dan Probiotik Lokal di Perairan Pulau Sekotok, Batam

Sustainability of Golden Pompano (*Trachinotus blochii*) Aquaculture at the Nursery Stage Using Commercial Feed and Local Probiotics in Cage Aquaculture in Sekotok Island Waters, Batam

Ipong Adi Guna¹, Kasful Anwar¹, Lina Warlina¹

¹Prodi Studi Magister Manajemen Perikanan Universitas Terbuka
Jl. Pd. Cabe Raya, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15437

Email: saktipompano@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan probiotik lokal yang dikombinasikan dengan pakan komersil terhadap kualitas air, efisiensi pakan, dan pertumbuhan ikan, serta untuk menganalisis status keberlanjutan dan strategi pengelolaan berdasarkan pendekatan *Rapid Appraisal for Fisheries* (RAPFISH). Penelitian dilakukan di perairan Pulau Setokok, Batam, dengan menggunakan pendekatan survei dan analisis deskriptif kuantitatif. Data primer diperoleh melalui wawancara, diskusi kelompok terarah (FGD), serta observasi langsung pada lima unit usaha budidaya. Data sekunder diperoleh dari dokumen resmi dan literatur terkait. Analisis status keberlanjutan dilakukan menggunakan metode *Multidimensional Scaling* (MDS) melalui pendekatan RAPFISH yang mencakup dimensi ekologi, sosial, ekonomi, teknologi, dan kelembagaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa budidaya *T. blochii* pada tahap pendederan tergolong cukup berkelanjutan, dengan dimensi ekologi sebagai penopang utama, sedangkan dimensi sosial menjadi aspek yang paling lemah dan perlu mendapat perhatian. Penerapan probiotik lokal terbukti mampu meningkatkan kualitas air dengan menurunkan konsentrasi amonia dan nitrit, meningkatkan efisiensi pakan, serta mendorong pertumbuhan ikan yang lebih optimal. Strategi peningkatan keberlanjutan mencakup edukasi dan pelatihan pembudidaya, adopsi teknologi budidaya ramah lingkungan seperti monitoring kualitas air *real-time* dan penggunaan pakan efisien, serta penguatan kelembagaan dan regulasi.

Kata kunci: Akuakultur, Bawal Bintang, Dimensi Ekologi, Probiotik, RAPFISH.

ABSTRACT

*This study aimed to evaluate the effectiveness of locally-sourced probiotics combined with commercial feed in improving water quality, feed efficiency, and fish growth performance. Additionally, it assessed the sustainability status and formulated management strategies using the Rapid Appraisal for Fisheries (RAPFISH) approach. The study was conducted in the coastal waters of Setokok Island, Batam, using a survey-based and quantitative descriptive approach. Primary data were collected through interviews, focus group discussions (FGDs), and direct observations of five aquaculture enterprises operating nursery-phase golden pompano farming, both with and without the application of local probiotics. Secondary data were obtained from official records and relevant literature. Sustainability analysis was performed using Multidimensional Scaling (MDS) under the RAPFISH framework, covering ecological, social, economic, technological, and institutional dimensions. The results showed that *T. blochii* nursery farming in floating net cages was moderately sustainable, with the ecological dimension being the strongest contributor to sustainability, while the social dimension was the weakest and requires targeted intervention. The application of local probiotics proved effective in enhancing water quality by reducing ammonia and nitrite concentrations, increasing feed efficiency, and promoting better fish growth.*

Keywords: Aquaculture, Ecological Dimension, Pomfret, Probiotics, RAPFISH.

PENDAHULUAN

Bawal bintang atau *Trachinotus blochii* (Lacépède, 1801) merupakan salah satu komoditas perikanan budidaya (ikan laut) yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang terus meningkat, baik di tingkat domestik maupun internasional. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) tahun 2020, produksi bawal bintang di Indonesia mencapai 12.000 ton per tahun dengan nilai ekspor mencapai USD 20 juta (KKP, 2020). Namun, meskipun memiliki potensi besar, produksi bawal bintang menghadapi berbagai tantangan yang perlu diatasi untuk memastikan keberlanjutan budidaya.

Salah satu tahapan penting dalam siklus budidaya bawal bintang ialah tahap pendederan, dimana pertumbuhan awal dan kelangsungan hidup ikan sangat menentukan keberhasilan budidaya secara keseluruhan. Gurning *et al.* (2019) melaporkan bahwa tingkat kelangsungan hidup bawal bintang pada tahap pendederan hanya mencapai 60-70% akibat rendahnya kualitas air dan infeksi penyakit. Kondisi ini dapat diperburuk oleh penggunaan pakan komersil berprotein tinggi (40%) yang dapat menurunkan kualitas air dan akhirnya mengganggu kesehatan ikan (Pratama *et al.*, 2016). Berdasarkan temuan tersebut, penggunaan pakan buatan dengan kandungan protein tinggi tanpa manajemen yang tepat dapat menyebabkan akumulasi limbah nitrogen seperti amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S), sebagai salah satu polutan dalam badan air. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan pakan dan kualitas air yang efektif untuk meminimalkan dampak lingkungan dalam budidaya bawal bintang.

Saat ini, teknik budidaya bawal bintang masih sangat bergantung terhadap sistem Keramba Jaring Apung (KJA) karena efisiensinya dalam pemanfaatan ruang perairan serta menjaga keberlanjutan sumberdaya perikanan lestari (Putri *et al.*, 2019). Sistem budidaya ini mampu meningkatkan produktivitas budidaya ikan tanpa memerlukan lahan yang luas. Namun, tantangan dalam budidaya di KJA ialah terjadinya degradasi kualitas air akibat akumulasi sisa pakan dan limbah organik, yang dapat menurunkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya. Limbah organik yang dihasilkan dari sisa pakan dan feses ikan dapat mempercepat penumpukan bahan organik di dasar (sedimen) perairan, terutama di perairan yang memiliki sirkulasi air yang buruk (John *et al.*, 2025). Kondisi tersebut dalam jangka panjang dapat menyebabkan perubahan yang drastis atau fluktuasi terhadap dinamika kualitas ekosistem perairan, seperti penurunan keanekaragaman hayati dari mikroorganisme sebagai pakan alami (fitoplankton) dan perubahan terhadap komunitas dari tingkat trofik lainnya. Penurunan kualitas lingkungan perairan ini juga berpotensi mengganggu ekosistem alami dan menyebabkan penurunan produktivitas perikanan tangkap di sekitar area budidaya (Pagoray *et al.*, 2025). Produksi bawal bintang di beberapa sentra budidaya seperti Kepulauan Riau dan Sulawesi Selatan mengalami penurunan sebesar 10% dalam lima tahun terakhir akibat degradasi kualitas lingkungan perairan (KKP, 2021).

Pakan sebagai salah satu elemen vital dalam perikanan budidaya dapat menunjang kualitas air yang kondusif dan mengurangi dampak dari cemaran sisa pakan yang terakumulasi dalam jangka panjang. Salah satu solusinya ialah dengan mengintegrasikan komponen probiotik sebagai pakan ikan kombinasi sebagai sistem biofilter alami yang mampu memperbaiki kualitas air serta menekan pertumbuhan mikrob patogen (Menanteau-Ledouble *et al.*, 2020).

Inovasi dari penerapan teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas dari subjek perlakuan sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem perairan sehingga tercapai aspek keberlanjutan dari kegiatan budidaya bawal bintang. Penelitian sebelumnya oleh Puspa (2016) melaporkan bahwa aplikasi probiotik strain lokal pada budidaya bawal bintang

meningkatkan kelangsungan hidup (viabilitas) hingga 85% dengan FCR sebesar 20%. Laporan lainnya oleh Febriany *et al.* (2022) juga menegaskan bahwa penggunaan probiotik dengan dosis 50 mL/kg pakan pada bawal bintang dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan dan viabilitas secara signifikan. Laporan terbaru oleh Purba *et al.* (2024) menunjukkan bahwa suplementasi probiotik dapat meningkatkan taraf FCR pada bawal bintang hingga 83,3% secara signifikan. Dampak positif dari pemberian probiotik dalam pakan bawal bintang diyakini dapat dimaksimalkan melalui perlakuan dan pemberian dosis yang konsisten serta dapat diadaptasikan pada sistem KJA di lintas wilayah perairan.

Keberhasilan dari penerapan probiotik sebagai elemen penting dalam pakan perlu dikaji dan dihubungkan dengan aspek keberlanjutannya terutama dalam hubungannya dengan aspek ekologis, ekonomi, dan sosial budaya di lingkungan akuakultur. Pendekatan RAPFISH (*Rapid Appraisal for Fisheries*) memungkinkan evaluasi yang komprehensif terhadap kelima dimensi tersebut, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai status keberlanjutan budidaya bawal bintang. Metode ini memungkinkan penilaian terhadap status keberlanjutan budidaya dan memberikan rekomendasi untuk pengelolaan yang lebih baik (Paulus *et al.*, 2023). Studi terdahulu oleh Armin *et al.* (2024) melaporkan bahwa penggunaan probiotik mampu meningkatkan margin keuntungan dari pelaku budidaya hingga 25%. Keuntungan ini diharapkan dapat mendorong peningkatan kesejahteraan masyarakat pembudidaya di daerah pesisir.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengevaluasi efektivitas penggunaan probiotik lokal yang dikombinasikan dengan pakan komersil terhadap kualitas air, efisiensi pakan, dan pertumbuhan ikan bawal bintang pada tahap pendederan di KJA; (2) menganalisis status keberlanjutan budidaya bawal bintang berdasarkan lima dimensi (ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan) menggunakan pendekatan RAPFISH; dan (3) merumuskan strategi pengelolaan untuk meningkatkan keberlanjutan budidaya bawal bintang di perairan Pulau Setokok, Batam.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yang ditetapkan sebagai perwakilan wilayah budidaya bawal bintang berada di kawasan Pulau Setokok yang secara administrasi terletak di Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau, Indonesia (Gambar 1). Lokasi pertama terletak pada koordinat 0°57'54.10" (North) N, 104° 2'42.36" East (E), lokasi kedua terletak pada koordinat 0°57'49.54"N, 104° 2'8.74"E, dan lokasi ketiga terletak pada koordinat 0°57'52.94"N, 104° 2'9.18"E.



Gambar 1. Peta Pulau Setokok, Batam, Kepulauan Riau (Sumber: Google Earth, 2025)

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode survei, observasi, pengamatan, dan pengumpulan data, yaitu dengan mengumpulkan data primer berdasarkan variabel-variabel yang diamati pada unit usaha budidaya ikan bawal bintang. Penelitian ini bersifat analisis deskriptif, sebagai informasi pendahuluan dalam bentuk gambaran umum secara sistematis. Data primer diperoleh melalui wawancara, survei, dan diskusi kelompok terarah (*Focus Group Discussion/ FGD*) dengan Pembudidaya ikan bawal bintang, pemangku kepentingan, dan pemerintah daerah disekitar pulau setokok. Data sekunder dikumpulkan dari dokumen resmi, laporan program, dan literatur terkait.

Data primer diperoleh melalui tiga metode: (1) wawancara terstruktur dengan pembudidaya ikan bawal bintang menggunakan kuesioner yang telah divalidasi; (2) Focus Group Discussion (FGD) dengan pemangku kepentingan meliputi pembudidaya, tokoh masyarakat, pemerintah daerah, dan praktisi perikanan; serta (3) observasi langsung terhadap kondisi budidaya, kualitas air, dan praktik pemberian pakan. Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, pH, dissolved oxygen (DO), salinitas, amonia (NH_3), dan nitrit (NO_2^-) menggunakan [sebutkan alat/metode]. Data pertumbuhan ikan meliputi penambahan bobot dan panjang yang diukur setiap [sebutkan interval]. Efisiensi pakan dihitung menggunakan Feed Conversion Ratio (FCR). Data sekunder dikumpulkan dari dokumen resmi instansi terkait, laporan program pemerintah, publikasi ilmiah, dan statistik perikanan dari Kementerian Kelautan dan Perikanan serta Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Riau.

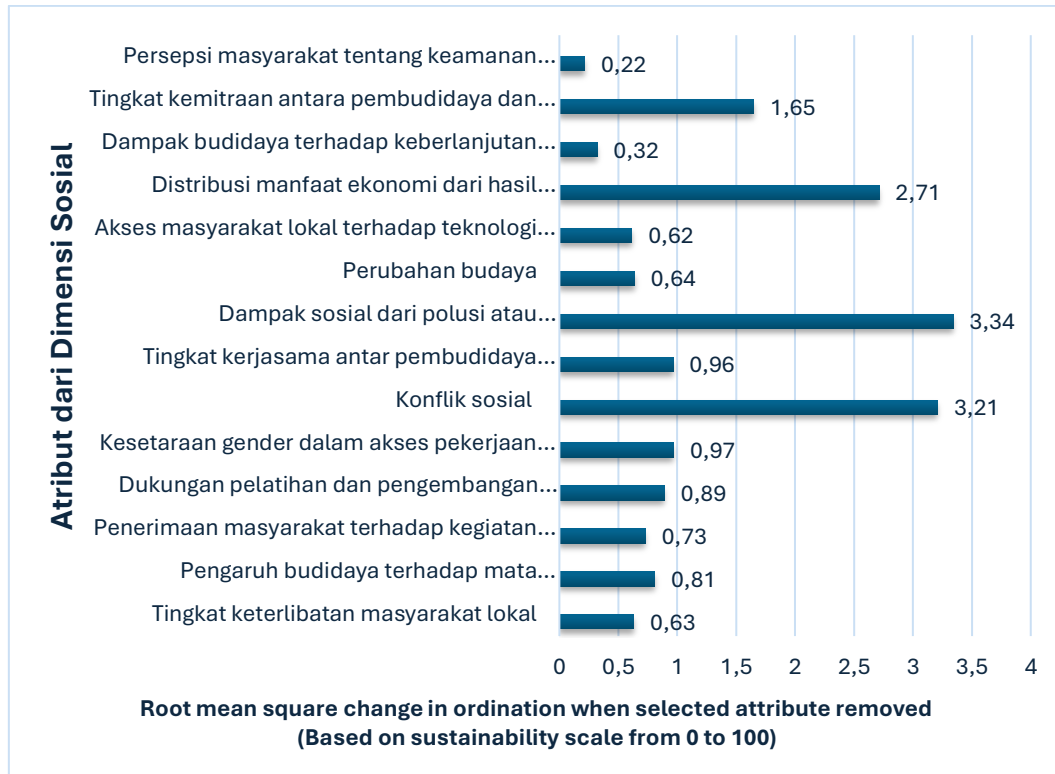
Analisis status keberlanjutan dilakukan menggunakan metode Multidimensional Scaling (MDS) melalui pendekatan RAPFISH yang mencakup lima dimensi: ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, dan kelembagaan. Setiap dimensi dinilai berdasarkan 14 atribut yang telah ditentukan melalui kajian literatur dan expert judgement. Setiap atribut diberi skor berdasarkan skala ordinal yang kemudian dianalisis menggunakan software RAPFISH versi [sebutkan versi]. Hasil analisis MDS menghasilkan nilai indeks keberlanjutan (0-100) dengan kategori: buruk (0-25), kurang (25-50), cukup (50-75), dan baik (75-100). Validasi model dilakukan menggunakan metode Monte Carlo dengan 1000 iterasi untuk menguji stabilitas hasil. Goodness of fit model dievaluasi melalui nilai stress ($S < 0,25$) dan koefisien determinasi ($R^2 > 0,80$). Analisis leverage dilakukan untuk mengidentifikasi atribut yang paling sensitif mempengaruhi status keberlanjutan pada setiap dimensi. Atribut dengan nilai Root Mean Square (RMS) tertinggi dianggap sebagai atribut paling berpengaruh dan menjadi prioritas intervensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis terhadap Budidaya Bawal Bintang secara Multidimensi

Analisis Dimensi Sosial

Atribut dimensi sosial yang diacu terdiri atas 14 ketentuan yaitu diawali dari tingkat keterlibatan masyarakat lokal dalam kegiatan budidaya, pengaruh budidaya terhadap mata pencaharian masyarakat di sekitar lokasi, penerimaan masyarakat terhadap kegiatan budidaya, dukungan pelatihan dan pengembangan kapasitas bagi pembudidaya dan lainnya dengan hasil penilaian atau skoring.



Gambar 2. Hasil Analisis *Leverage* terhadap Atribut dari Dimensi Sosial

Gambar 2. menyajikan hasil analisis *leveraging* yang bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana pengaruh relatif dari masing-masing atribut terhadap indeks keberlanjutan sistem budidaya. Beberapa atribut kunci berhasil teridentifikasi terutama yang memiliki kontribusi signifikan, khususnya pada dimensi sosial. Atribut dengan nilai sensitivitas tertinggi sebesar 3,34 adalah 'dampak sosial dari polusi atau pencemaran lingkungan budidaya'. Hal ini menunjukkan bahwa masyarakat memiliki tingkat kepedulian yang tinggi terhadap dampak sosial dari kegiatan budidaya dan pentingnya menjaga keselarasan antara kawasan budidaya dengan lingkungan sosial sekitar.

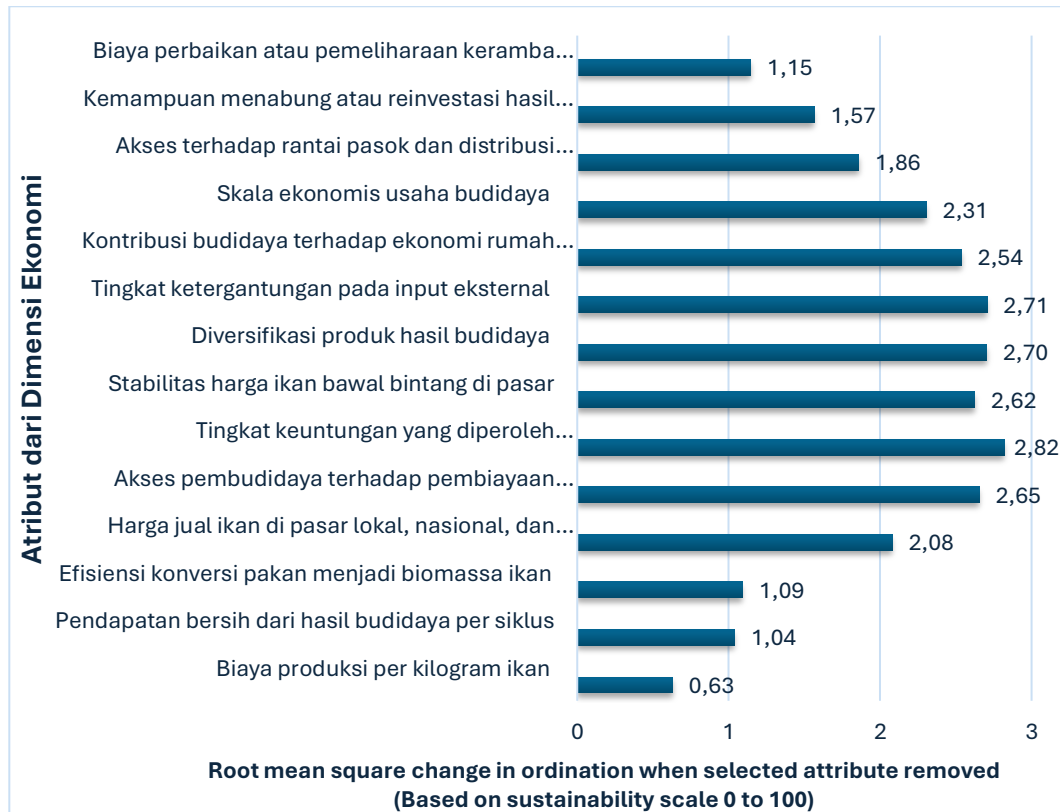
Atribut penting lainnya adalah 'konflik sosial terkait penggunaan lahan atau sumber daya perairan' dengan nilai sensitivitas sebesar 3,21. Hal ini mencerminkan adanya tekanan dari pembangunan sektor perikanan, terutama budidaya, terhadap pemanfaatan ruang dan sumber daya. Peran serta masyarakat dan pemangku kepentingan sangat besar dalam memengaruhi keberlanjutan, baik secara positif maupun negatif. Aktivitas seperti alih fungsi lahan mangrove menjadi tambak atau pemukiman menjadi salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan. Penelitian oleh Bengen et al. (2020) menunjukkan bahwa konversi mangrove untuk aktivitas budidaya di kawasan pesisir Indonesia telah memicu konflik pemanfaatan ruang antara pembudidaya tradisional dengan pelaku industri modern. Demikian pula, Nikijuluw (2021) menegaskan bahwa degradasi ekosistem mangrove akibat ekspansi akuakultur tidak hanya menurunkan fungsi ekologis, tetapi juga memperburuk konflik sosial di tingkat komunitas lokal.

Selanjutnya, atribut 'distribusi manfaat ekonomi hasil budidaya dalam komunitas' memiliki nilai sensitivitas sebesar 2,71. Hal ini menunjukkan bahwa manfaat ekonomi dari kegiatan budidaya belum terdistribusi secara optimal. Pelaku usaha cenderung cepat merasa puas dengan kondisi yang ada dan umumnya memiliki keterbatasan dalam komunikasi formal serta kemampuan menjangkau pasar yang lebih luas, baik nasional maupun internasional. Kondisi

ini menghambat penguatan nilai ekonomi dan sosial yang dapat mendukung keberlanjutan jangka panjang dari budidaya bawal bintang dengan sistem KJA.

Analisis Dimensi Ekonomi

Atribut dari dimensi ekonomi yang diacu terdiri atas 14 atribut, diawali dari biaya produksi per kilogram ikan (termasuk pakan, tenaga kerja, dan operasional); pendapatan bersih dari hasil budidaya per siklus; efisiensi konversi pakan menjadi biomassa ikan (FCR); harga jual ikan di pasar lokal, nasional, dan internasional; dan lainnya.



Gambar 3. Hasil Analisis *Leverage* terhadap Atribut dari Dimensi Ekonomi

Berdasarkan hasil analisis *leveraging* (Gambar 3.), dari total 14 atribut ekonomi yang dianalisis, diperoleh sebaran nilai sensitivitas yang mencerminkan tingkat kontribusi masing-masing atribut terhadap indeks keberlanjutan ekonomi. Atribut dengan pengaruh terbesar terhadap indeks keberlanjutan ekonomi adalah 'tingkat keuntungan yang diperoleh pembudidaya dibandingkan dengan investasi awal' dengan nilai *leverage* tertinggi sebesar 2,82. Disusul oleh 'tingkat ketergantungan pada input eksternal seperti pakan impor dan probiotik' (2,71), 'diversifikasi produk hasil budidaya' seperti produk olahan ikan (2,70), serta 'akses pembudidaya terhadap pembiayaan atau modal usaha' (2,65). Di sisi lain, atribut 'biaya produksi per kilogram ikan, termasuk komponen pakan, tenaga kerja, dan operasional' menunjukkan pengaruh paling rendah dengan nilai sebesar 0,63.

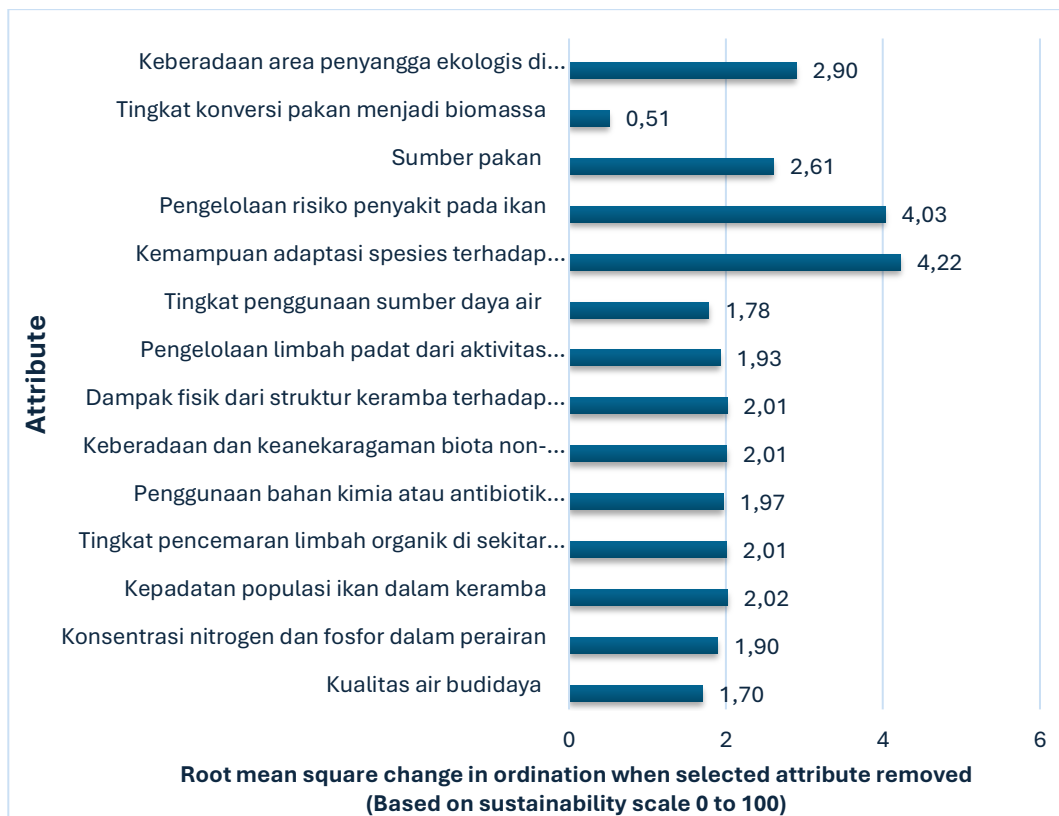
Untuk meningkatkan keberlanjutan ekonomi dari budidaya bawal bintang dengan sistem KJA dan suplementasi probiotik, maka diperlukan langkah-langkah strategis yang terarah. Pertama, penting untuk menjamin pendapatan yang stabil bagi pembudidaya melalui harga jual ikan yang kompetitif dan menguntungkan. Kedua, efisiensi produksi perlu ditingkatkan

dengan cara menekan biaya operasional dan mengoptimalkan hasil panen. Ketiga, perluasan akses pasar, baik domestik maupun ekspor, menjadi kunci dalam menciptakan permintaan yang berkelanjutan. Keempat, akses terhadap pembiayaan dan investasi harus diperkuat, misalnya melalui kredit usaha atau program bantuan pemerintah. Terakhir, diversifikasi usaha sangat dianjurkan, agar pembudidaya tidak hanya bergantung pada satu jenis produk, tetapi juga mengembangkan usaha alternatif seperti pakan mandiri atau ekowisata. Langkah-langkah ini dapat mendukung pertumbuhan ekonomi yang lebih tangguh dan berkelanjutan dalam sektor budidaya bawal bintang di Pulau Sekotok, Batam.

Studi oleh Haryadi et al. (2022) di kawasan budidaya KJA Waduk Cirata menunjukkan bahwa efisiensi ekonomi dapat ditingkatkan melalui penguatan kelembagaan pembudidaya dan diversifikasi produk. Sejalan dengan itu, Radiarta et al. (2021) menekankan pentingnya akses pembiayaan mikro bagi pembudidaya skala kecil untuk meningkatkan kapasitas produksi dan daya saing ekonomi.

Analisis Dimensi Ekologi

Atribut dari dimensi ekologi yang diacu terdiri atas 14 atribut misalnya kualitas perairan budidaya (DO, pH, suhu, dan salinitas); konsentrasi nitrogen dan fosfor dalam perairan; kepadatan populasi ikan dalam keramba; tingkat pencemaran limbah organik di sekitar lokasi budidaya; dan paling akhir keberadaan area penyangga ekologis di sekitar lokasi budidaya.



Gambar 4. Hasil Analisis *Leverage* terhadap Atribut dari Dimensi Ekologi

Hasil analisis *leveraging* (Gambar 4.) menunjukkan bahwa atribut dengan nilai pengaruh tertinggi adalah 'kemampuan adaptasi spesies terhadap lingkungan lokal' dengan skor sebesar 4,22. Hal ini menunjukkan bahwa kecocokan spesies dengan kondisi ekosistem

setempat merupakan faktor utama dalam menjaga keberlanjutan budidaya. Pemilihan spesies yang adaptif tidak hanya meningkatkan efisiensi budidaya, tetapi juga mengurangi risiko kegagalan produksi akibat tekanan lingkungan. Selanjutnya, 'pengelolaan risiko penyakit pada ikan' mencatat skor 4,03, yang mengindikasikan bahwa kesehatan ikan memegang peran penting dalam stabilitas produksi.

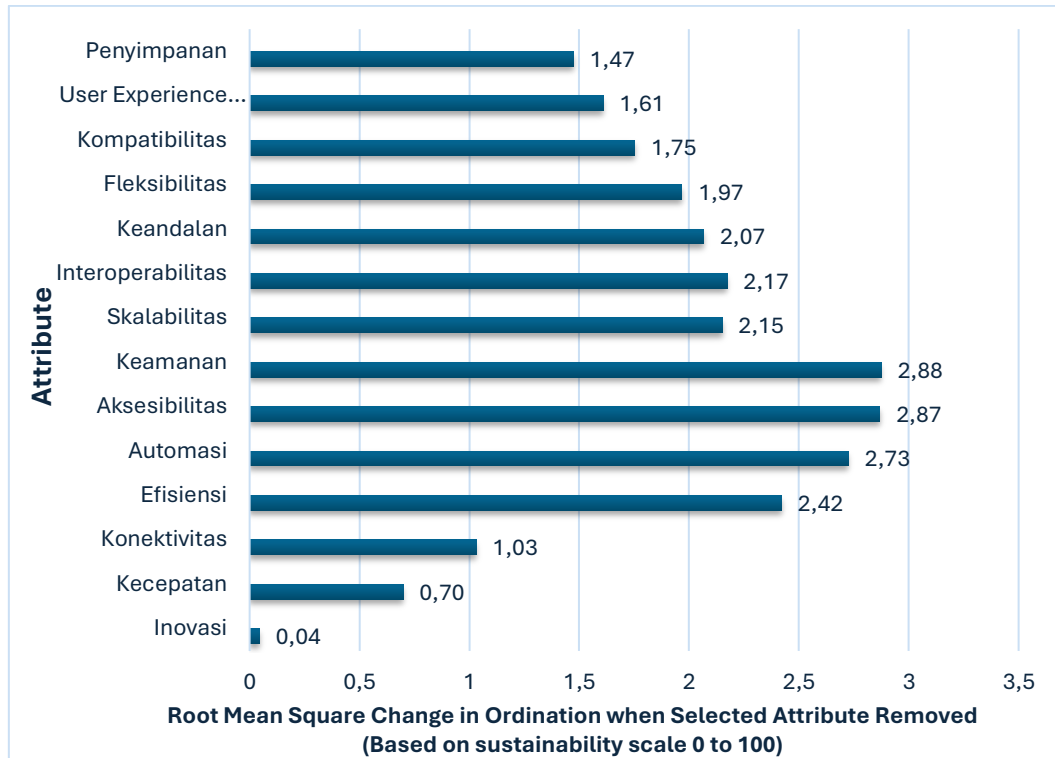
Upaya preventif, seperti manajemen biosekuriti, pemantauan berkala, dan penggunaan bahan pendukung kesehatan ikan, sangat dibutuhkan untuk meminimalkan potensi wabah penyakit yang dapat menurunkan produktivitas. Atribut 'keberadaan area penyangga ekologis' di sekitar lokasi budidaya mencatat skor 2,90, menggarisbawahi pentingnya keberadaan zona penyangga sebagai pelindung lingkungan sekitar dari dampak negatif aktivitas budidaya. Area ini berfungsi sebagai pelindung alami terhadap pencemaran, serta mendukung kelestarian keanekaragaman hayati perairan pesisir. Atribut 'Pengelolaan kepadatan populasi ikan dalam keramba' memperoleh skor 2,02, yang mengindikasikan perlunya pengaturan padat tebar secara proporsional. Kepadatan yang berlebihan berisiko menimbulkan stres fisiologis, penurunan kualitas air, serta peningkatan insidensi penyakit. Hasil penelitian Rachmawati et al. (2020) menunjukkan bahwa kepadatan tebar yang optimal untuk budidaya bawal bintang di KJA adalah 50-75 ekor/m³ untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan meminimalkan stres fisiologis. Penelitian serupa oleh Ismail et al. (2023) mengonfirmasi bahwa padat tebar berlebih (>100 ekor/m³) meningkatkan insiden penyakit dan menurunkan kualitas air secara signifikan.

Atribut 'tingkat konversi pakan menjadi biomassa' menunjukkan nilai terendah, yaitu 0,51. Nilai ini menunjukkan bahwa efisiensi pemanfaatan pakan masih menjadi tantangan dalam praktik budidaya saat ini (Boyd & McNevin, 2021). Peningkatan efisiensi konversi pakan tidak hanya akan menekan biaya operasional, tetapi juga berdampak pada pengurangan limbah organik dan beban lingkungan dari sistem budidaya (Cao, et. al., 2015). Secara keseluruhan, hasil analisis *leveraging* pada dimensi ekologi ini menekankan bahwa keberlanjutan budidaya perikanan tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan lingkungan yang cermat dan adaptif. Fokus pada adaptasi spesies, pengelolaan penyakit, perlindungan ekologis, serta efisiensi teknis seperti pengaturan kepadatan dan konversi pakan merupakan strategi kunci untuk meningkatkan keberlanjutan.

Analisis Dimensi Teknologi

Atribut dari dimensi teknologi yang diacu terdiri atas 14 atribut misalnya Inovasi: Kemampuan untuk menciptakan solusi baru atau perbaikan dari solusi yang sudah ada; Kecepatan: Kecepatan dalam pemrosesan atau pengiriman data dan informasi; Konektivitas: Kemampuan untuk saling terhubung dengan perangkat atau sistem lainnya; Efisiensi: Menghasilkan lebih banyak hasil dengan penggunaan sumber daya yang lebih sedikit; dan Penyimpanan: Kapasitas untuk menyimpan data dalam jumlah besar dan kecepatan akses data.

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas (Gambar 5), atribut dengan pengaruh tertinggi dalam dimensi teknologi adalah 'keamanan sistem digital', yang memperoleh skor 2,88. Nilai ini menunjukkan bahwa perlindungan terhadap data dan informasi budidaya dari ancaman atau akses tidak sah merupakan aspek yang penting untuk mendukung keberlanjutan, khususnya dalam konteks penerapan teknologi informasi dan komunikasi dalam operasional KJA. Selanjutnya, atribut 'aksesibilitas teknologi', yang mencakup kemudahan akses terhadap perangkat maupun sistem teknologi baik dari sisi biaya maupun penggunaan, mencatat skor 2,87. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi yang mudah diakses oleh pelaku usaha budidaya, termasuk pembudidaya skala kecil, dapat mempercepat adopsi dan penerapan teknologi yang mendukung efisiensi dan keberlanjutan.

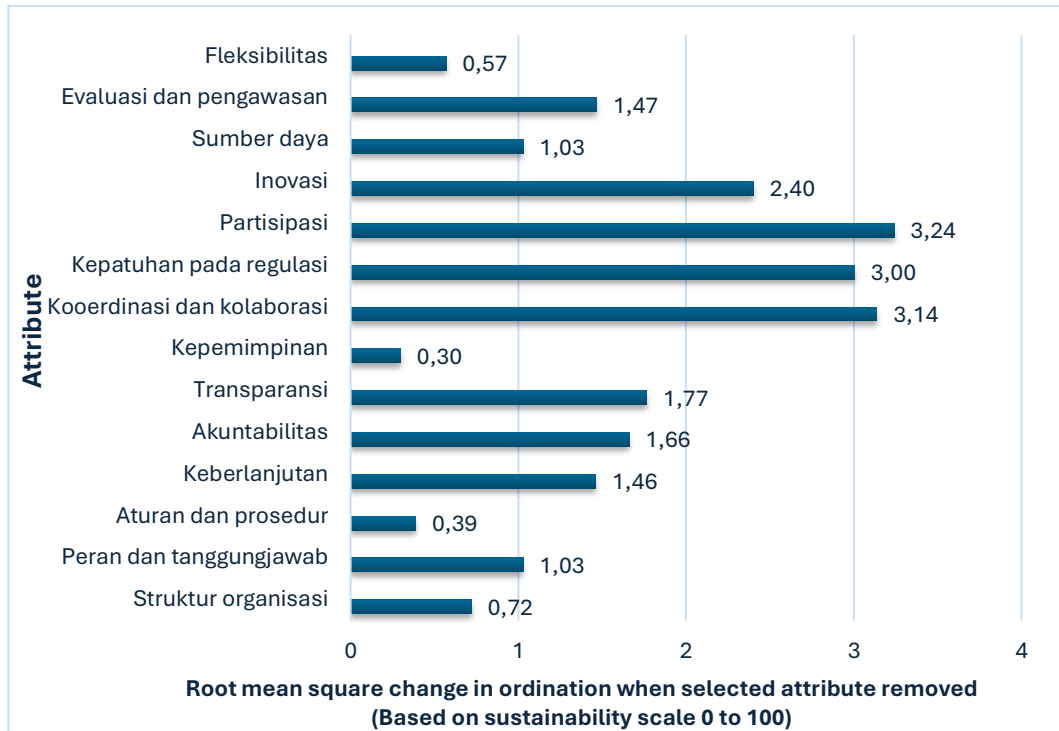


Gambar 5. Hasil Analisis *Leverage* terhadap Atribut dari Dimensi Teknologi

Atribut 'automasi' memperoleh skor 2,73, menunjukkan bahwa penggunaan sistem otomatis atau mesin untuk menggantikan proses manual memiliki kontribusi penting dalam meningkatkan efisiensi operasional. Automasi memungkinkan pengurangan kesalahan manusia, peningkatan produktivitas, dan penghematan waktu dalam kegiatan budidaya. Atribut berikutnya ialah 'efektivitas teknologi' dengan skor 2,42, yang mencerminkan kemampuan teknologi dalam meningkatkan hasil produksi dengan meminimalkan penggunaan sumber daya. Efektivitas ini berperan dalam penguatan aspek ekonomi sekaligus menurunkan tekanan terhadap lingkungan. Atribut dengan skor terendah dalam dimensi ini adalah 'inovasi', dengan nilai 0,04. Nilai ini menunjukkan bahwa pada saat pengukuran, peran inovasi dalam bentuk penciptaan atau perbaikan solusi teknologi belum memberikan pengaruh besar terhadap keberlanjutan budidaya bawal bintang dengan sistem KJA di lokasi studi. Hal ini dapat menjadi indikator perlunya peningkatan kapasitas inovatif dalam sektor budidaya melalui riset terapan dan kolaborasi multipihak.

Analisis Dimensi Kelembagaan

Atribut dari dimensi kelembagaan yang diacu terdiri atas 14 atribut misalnya Struktur Organisasi: Susunan dan pembagian tugas dalam lembaga yang menjelaskan peran dan tanggung jawab masing-masing anggota atau unit; Peran dan Tanggung Jawab: Definisi yang jelas mengenai fungsi, hak, dan kewajiban tiap anggota atau bagian dalam organisasi; Aturan dan Prosedur: Prosedur operasional dan peraturan yang mengatur bagaimana aktivitas dan keputusan dalam lembaga harus dilakukan; Keberlanjutan: Kemampuan lembaga untuk bertahan dan beroperasi dalam jangka panjang, termasuk dalam hal pembiayaan, sumber daya manusia, dan relevansi kebijakan; dan Fleksibilitas: Kemampuan lembaga untuk beradaptasi dengan perubahan dalam lingkungan internal dan eksternal yang mempengaruhi operasionalnya.



Gambar 6. Hasil Analisis *Leverage* terhadap Atribut dari Dimensi Kelembagaan

Hasil analisis sensitivitas pada dimensi kelembagaan menunjukkan bahwa beberapa atribut memiliki pengaruh signifikan yaitu atribut dengan pengaruh tertinggi berasal dari 'partisipasi', yang memperoleh skor sebesar 3,24. Nilai ini mencerminkan pentingnya keterlibatan aktif masyarakat atau anggota dalam proses pengambilan keputusan dan pelaksanaan kebijakan kelembagaan. Partisipasi yang inklusif tidak hanya meningkatkan legitimasi kebijakan, tetapi juga memperkuat implementasi di tingkat lokal. Atribut 'koordinasi dan kolaborasi' menempati urutan berikutnya dengan skor 3,14, menunjukkan bahwa kemampuan lembaga untuk menjalin kerja sama lintas sektor, baik secara internal maupun eksternal, merupakan elemen kunci dalam efektivitas tata kelola. Koordinasi yang baik antara pemangku kepentingan akan memperkuat sinergi dan efisiensi pelaksanaan program-program budidaya.

Selanjutnya, 'kepatuhan terhadap regulasi' mencatat skor 3,00, yang mengindikasikan bahwa tingkat ketaatan terhadap kebijakan, peraturan, dan standar yang berlaku baik di tingkat lokal, nasional, maupun internasional dapat menjadi faktor penting dalam menjaga keberlanjutan dan legitimasi kegiatan budidaya. Peningkatan kepatuhan akan mendukung integrasi aspek hukum dan lingkungan dalam praktik usaha budidaya. Atribut 'inovasi kelembagaan' memperoleh skor 2,40, yang menunjukkan bahwa kemampuan lembaga dalam merespons perubahan serta mendorong pembaruan dalam sistem kerja masih perlu ditingkatkan. Inovasi kelembagaan menjadi krusial dalam menghadapi dinamika sektor perikanan, baik dari sisi teknologi, pasar, maupun lingkungan. Atribut dengan pengaruh terendah adalah 'kepemimpinan', dengan skor 0,30, yang mengindikasikan bahwa kualitas dan efektivitas pimpinan dalam mengarahkan, mengelola, serta mengambil keputusan strategis belum optimal.

Penilaian Status Keberlanjutan Budidaya Bawal Bintang di Pulau Sekotok

Budidaya bawal bintang dengan sistem KJA di perairan Pulau Sekotok, Batam memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan masyarakat

pesisir, serta memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi daerah. Namun demikian, perkembangan sektor ini memerlukan pendekatan berbasis keberlanjutan untuk menjamin keseimbangan antara dimensi sosial, ekonomi, ekologi, teknologi, dan kelembagaan.

Tabel 1. Nilai Indeks Keberlanjutan Multidimensi (MDS dan *Monte Carlo*) terhadap Sistem Budidaya Bawal Bintang dengan Sistem KJA di Pulau Sekotok

Dimensi	Keberlanjutan (%)		Deviasi	Kategori	RSQ	s
	MDS	MC				
Ekologi	77,17	75,99	1,18	Baik	95,24	0,135
Ekonomi	68,24	66,98	1,26	Cukup	95,13	0,134
Sosial	52,71	51,94	0,77	Cukup	95,12	0,131
Teknologi	63,13	61,88	1,25	Cukup	95,18	0,132
Kelembagaan	60,34	59,93	0,41	Cukup	95,20	0,133

Keterangan: MDS = *Multidimensional Scaling*, MC = *Monte Carlo*, RSQ = Koefisien determinansi, s = Nilai *stress*.

Pendekatan analitik menggunakan metode MDS menjadi instrumen yang relevan dan efektif dalam mengevaluasi tingkat keberlanjutan budidaya tersebut. Metode ini memungkinkan identifikasi faktor-faktor dominan yang mempengaruhi keberlanjutan pada lima dimensi utama, serta memberikan pemetaan terhadap tantangan dan peluang perbaikan. Analisis dilakukan melalui pengukuran indeks keberlanjutan (*RapScore*) pada masing-masing dimensi, dan dikaji lebih lanjut dengan pendekatan *Monte Carlo* guna menguji stabilitas hasil. Validitas model ditinjau melalui koefisien determinasi (RSQ) dan nilai *stress*, yang menunjukkan tingkat keakuratan dan keandalan hasil dari pemodelan (Tabel 1).

Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi ekologi memperoleh skor tertinggi, yaitu sebesar 77,17, yang mencerminkan bahwa kondisi ekologis di wilayah tergolong baik dan relatif berkelanjutan. Nilai *Monte Carlo* sebesar 75,99, dengan selisih 1,18 terhadap *RapScore*, menunjukkan kestabilan hasil analisis. RSQ sebesar 95,24% dan nilai *stress* sebesar 0,135 menegaskan validitas dan representativitas pemetaan keberlanjutan dalam dimensi ini. Faktor-faktor pendukung dalam dimensi ekologi meliputi kualitas air yang masih terjaga, penggunaan pakan yang terkendali, serta kepatuhan terhadap zonasi budidaya. Meskipun demikian, pengelolaan limbah dan pengendalian terhadap daya dukung perairan tetap menjadi aspek penting yang memerlukan perhatian berkelanjutan.

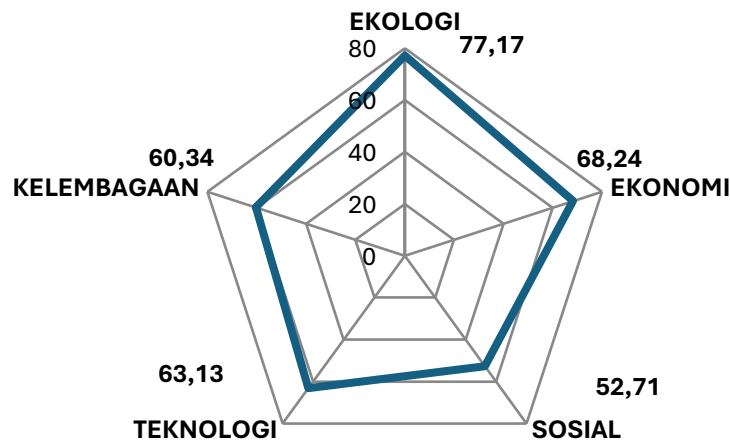
Dimensi ekonomi menempati posisi kedua dengan skor 68,24 dan tergolong dalam kategori cukup berkelanjutan. Nilai *Monte Carlo* sebesar 66,98, dengan selisih 1,26, menunjukkan tingkat kestabilan hasil yang cukup tinggi. RSQ sebesar 95,13% dan nilai *stress* sebesar 0,134 menandakan bahwa model ini cukup andal dalam menjelaskan variasi kondisi ekonomi di lapangan. Tantangan utama dalam dimensi ekonomi antara lain adalah fluktuasi harga jual ikan, tingginya biaya produksi, keterbatasan akses pasar dan permodalan bagi pembudidaya skala kecil, serta ketergantungan terhadap pakan impor yang berdampak pada tingginya biaya operasional. Kendati demikian, sektor ini memiliki potensi ekonomi yang besar, terutama apabila didukung dengan penguatan rantai pasok, program diversifikasi usaha, dan peningkatan akses pasar secara merata.

Dimensi teknologi memperoleh skor sebesar 63,13, dan masih tergolong cukup berkelanjutan. Nilai *Monte Carlo* sebesar 61,88 dengan selisih 1,25 menunjukkan konsistensi hasil, didukung oleh nilai RSQ sebesar 95,18% dan stress sebesar 0,132. Pemanfaatan teknologi dalam budidaya KJA di Batam saat ini terus berkembang, namun masih menghadapi kendala dalam hal adopsi teknologi ramah lingkungan secara luas, keterbatasan pelatihan dan pendampingan teknis, serta kurangnya infrastruktur pendukung untuk penerapan teknologi digital. Optimalisasi pemanfaatan teknologi untuk pemantauan kualitas air, efisiensi penggunaan pakan, dan otomatisasi operasional budidaya menjadi kunci peningkatan keberlanjutan dalam dimensi ini.

Dimensi kelembagaan mencatat skor 60,34, juga masuk dalam kategori cukup berkelanjutan. Hasil *Monte Carlo* sebesar 59,93 dengan selisih hanya 0,41 menunjukkan kestabilan yang tinggi. Nilai RSQ sebesar 95,20% dan nilai stress sebesar 0,133 mengindikasikan bahwa model yang digunakan cukup akurat dalam menggambarkan kondisi kelembagaan. Tantangan utama dalam aspek kelembagaan mencakup lemahnya kapasitas kepemimpinan, sebagaimana tercermin dari nilai sensitivitas kepemimpinan yang hanya mencapai 0,30; belum optimalnya efektivitas pelaksanaan regulasi; serta rendahnya koordinasi antar lembaga. Selain itu, masih terdapat keterbatasan dalam pemberian insentif untuk inovasi kelembagaan dan adaptasi terhadap dinamika kebijakan. Perbaikan dapat dilakukan melalui penguatan kapasitas kepemimpinan, pengembangan mekanisme koordinasi antar pemangku kepentingan, dan pemberian insentif kelembagaan untuk mendorong inovasi dan respons adaptif terhadap perubahan.

Dimensi sosial memperoleh skor terendah, yaitu sebesar 52,71, yang meskipun masih dalam kategori cukup, menunjukkan bahwa aspek sosial merupakan dimensi yang paling rentan dalam keberlanjutan budidaya KJA di Batam. Nilai *Monte Carlo* sebesar 51,94, dengan selisih 0,77, menunjukkan kestabilan hasil analisis. Nilai RSQ sebesar 95,12% dan stress sebesar 0,131 mengindikasikan bahwa pemodelan sosial cukup andal, meskipun berada pada batas bawah dari seluruh dimensi yang dianalisis. Beberapa isu utama dalam aspek sosial antara lain rendahnya partisipasi masyarakat dalam proses pengambilan keputusan, kesenjangan akses terhadap manfaat ekonomi budidaya, khususnya bagi kelompok skala kecil, serta terjadinya pergeseran sosial akibat ekspansi industri perikanan yang dapat mempengaruhi mata pencaharian masyarakat lokal. Untuk meningkatkan keberlanjutan sosial, diperlukan strategi penguatan kapasitas pembudidaya, implementasi program inklusif yang menyasar kelompok rentan, serta revitalisasi peran organisasi kelompok usaha bersama dalam memperkuat posisi tawar masyarakat pesisir.

Secara keseluruhan, hasil analisis MDS menunjukkan bahwa hanya dimensi ekologi yang telah berada pada kategori berkelanjutan, sementara keempat dimensi lainnya masih dalam kategori cukup berkelanjutan. Hal ini menandakan perlunya perbaikan terpadu dan lintas sektor untuk mencapai keberlanjutan sistem budidaya secara keseluruhan. Keberlanjutan ekologi perlu dijaga melalui pengelolaan limbah yang lebih sistematis dan pengendalian kepadatan tebar ikan secara adaptif. Pada dimensi ekonomi, pengurangan ketergantungan terhadap pakan impor dan penguatan akses pasar, terutama bagi pembudidaya kecil, menjadi prioritas. Dimensi sosial dapat ditingkatkan melalui penguatan partisipasi masyarakat dalam proses kebijakan dan pelaksanaan program sosial yang inklusif. Pengembangan teknologi harus diarahkan pada perluasan adopsi teknologi digital, disertai pelatihan teknis yang memadai. Sementara itu, penguatan kelembagaan perlu difokuskan pada pengembangan kapasitas kepemimpinan, peningkatan efektivitas koordinasi lintas aktor, dan pemberian ruang inovasi kelembagaan yang lebih besar. Dengan pendekatan yang menyeluruh, diharapkan budidaya bawal bintang di KJA Pulau Sekotok, Batam dapat berkembang secara berkelanjutan dalam jangka panjang, tidak hanya secara ekologis dan ekonomis, tetapi juga secara sosial, teknologi, dan kelembagaan.



Gambar 7. Rekapitulasi Indeks Keberlanjutan (%) dari Sistem Budidaya Bawal Bintang dengan Sistem KJA di Pulau Sekotok dengan Diagram Layang

Dalam representasi visual melalui diagram layang (*Kite diagram*), dimensi ekologi tampak paling menonjol, membentuk sisi terluar dari struktur diagram dan menjadi penanda kekuatan utama dalam sistem budidaya bawal bintang di KJA Pulau Sekotok (Gambar 7.). Capaian tinggi pada dimensi ekologi mencerminkan kondisi lingkungan yang relatif terjaga, dengan kualitas air dan pengelolaan sumber daya yang masih memadai. Namun, untuk menjaga stabilitas ekologi dalam jangka panjang, dibutuhkan peningkatan dalam sistem pengelolaan limbah serta pemantauan daya dukung lingkungan secara berkala dan adaptif, guna mencegah degradasi kualitas lingkungan perairan. Sebaliknya, dimensi sosial memperoleh nilai terendah sebesar 52,71 dan berada pada kategori cukup berkelanjutan. Pada diagram layang-layang, posisi dimensi ini terlihat sebagai sisi paling cekung atau kurang berkembang, menandakan adanya kelemahan struktural dalam aspek sosial budidaya KJA. Skor rendah ini menunjukkan masih rendahnya partisipasi masyarakat dalam proses pengambilan keputusan, ketimpangan dalam distribusi manfaat ekonomi, serta keterbatasan keterlibatan sosial dalam pengelolaan sumber daya perikanan.

Dimensi ekonomi, teknologi, dan kelembagaan masing-masing berada pada kategori cukup berkelanjutan, dengan skor berturut-turut sebesar 68,24; 63,13; dan 60,34. Nilai pada dimensi ekonomi mencerminkan bahwa kegiatan budidaya ikan telah memberikan keuntungan yang cukup baik, namun masih dihadapkan pada tantangan seperti tingginya biaya produksi dan keterbatasan akses pasar, terutama bagi pembudidaya skala kecil. Sementara itu, nilai pada dimensi teknologi menunjukkan bahwa adopsi teknologi budidaya sudah mulai berkembang, namun belum merata dan belum sepenuhnya mendukung efisiensi operasional. Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan dalam penerapan inovasi, seperti teknologi monitoring kualitas air dan otomatisasi pakan. Adapun pada dimensi kelembagaan, nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa struktur kelembagaan telah berjalan, namun masih terdapat kelemahan dalam hal kepemimpinan, efektivitas regulasi, dan koordinasi lintas lembaga, yang memerlukan penguatan kapasitas dan sinergi antar pemangku kepentingan (Liu, et. al., 2016). Secara keseluruhan, bentuk diagram layang-layang yang dihasilkan dari kelima dimensi tersebut menggambarkan ketidakseimbangan tingkat keberlanjutan budidaya ikan di KJA Batam.

Dominasi dimensi ekologi sebagai aspek paling kuat, dengan sisi yang menonjol, berbanding kontras dengan dimensi sosial yang menjadi sisi paling lemah dan tertarik ke dalam. Ketimpangan ini menunjukkan bahwa keberlanjutan sektor budidaya belum tercapai secara

menyeluruh dan merata. Oleh karena itu, untuk mencapai bentuk diagram layang-layang yang lebih simetris dan proporsional, yang mencerminkan kondisi keberlanjutan yang optimal, diperlukan intervensi strategis pada dimensi-dimensi yang masih lemah, khususnya sosial, teknologi, dan kelembagaan. Upaya perbaikan yang terarah pada peningkatan kapasitas masyarakat, penerapan teknologi tepat guna, dan penguatan koordinasi kelembagaan diharapkan dapat memperkuat seluruh sisi diagram layang-layang secara seimbang, serta mendorong sistem budidaya KJA Batam menuju keberlanjutan yang lebih utuh dan berdaya tahan dalam jangka panjang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Status keberlanjutan budidaya bawal bintang (*Trachinotus blochii*) pada tahap pendederan dengan sistem KJA di Pulau Sekotok, Batam berada dalam kategori 'cukup berkelanjutan' berdasarkan analisis *Rapfish*. Dimensi ekologi merupakan aspek yang paling kuat dalam mendukung keberlanjutan, sedangkan dimensi sosial menjadi aspek yang paling lemah dan perlu diperbaiki.
2. Efektivitas penggunaan probiotik lokal yang dikombinasikan dengan pakan komersil mampu meningkatkan kualitas air, menerapkan efisiensi pakan, dan meningkatkan pertumbuhan Ikan Bawal Bintang karena probiotik berperan dalam menjaga keseimbangan mikroorganisme di perairan, mengurangi limbah organik, serta meningkatkan pencernaan pakan oleh ikan. Peningkatan kualitas air terjadi karena probiotik membantu mengurai sisa pakan dan kotoran ikan, sehingga mengurangi kandungan amonia dan nitrit dalam perairan.
3. Strategi dan rekomendasi untuk pengelolaan budidaya Ikan Bawal Bintang yang berkelanjutan di KJA yaitu dengan cara peningkatan kesejahteraan sosial, dengan melakukan edukasi dan pelatihan kepada pembudidaya mengenai teknik budidaya berkelanjutan, serta mendorong pemberdayaan masyarakat lokal dalam rantai pasok perikanan.

Saran

1. Menerapkan penggunaan probiotik lokal secara optimal dalam kombinasi dengan pakan komersil untuk meningkatkan kualitas air, efisiensi pakan, serta pertumbuhan ikan secara lebih maksimal.
2. Hendaknya memperkuat regulasi dan kebijakan terkait budidaya ikan bawal bintang di KJA agar lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.
3. Hendaknya melakukan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas probiotik lokal dengan berbagai formulasi atau kombinasi yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dalam meningkatkan pertumbuhan ikan dan kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

- Armin, A., Budi, B., & Citra, C. (2024). Mikroba ajaib: solusi cerdas atasi limbah dan tingkatkan produksi ikan di akuakultur. *Mikroba Akuakultur Indonesia*, 9(1), 45–55.
- Bengen, D. G., Kurnia, R., & Yulianto, I. (2020). *Coastal resource conflict and management strategies in Indonesia: A review*. Ocean & Coastal Management, 196, 105287.
- Boyd, C. E., & McNevin, A. A. (2021). *Aquaculture, resource use, and the environment*. Wiley-Blackwell.

- Cao, L., Naylor, R., Henriksson, P., Leadbitter, D., Metian, M., Troell, M., & Zhang, W. (2015). China's aquaculture and the world's wild fisheries. *Science*, 347(6218), 133-135.
- Febriany, B. S., Mulyana, & Lesmana, D. (2022). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*) dengan penambahan dosis probiotik yang berbeda. *Jurnal Mina Sains*, 8(1), 11–18.
- Gurning, P. S., Putra, W. K. A., & Miranti, S. (2019). Tingkat kelangsungan hidup ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*) dengan penambahan tepung *Sargassum* sp. yang berbeda pada pakan. *Intek Akuakultur*, 3(1), 34–44.
- Haryadi, J., Subhan, U., & Yustiati, A. (2022). *Economic feasibility analysis of floating net cage aquaculture in Cirata Reservoir, West Java, Indonesia*. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 16(3), 1-12.
- Ismail, N., Putra, I., & Andriani, Y. (2023). *Effect of stocking density on growth performance and water quality in golden pompano (Trachinotus blochii) cage culture*. *Indonesian Aquaculture Journal*, 18(1), 23-32.
- John, V. C., Verma, A. K., Krishnani, K. K., Munilkumar, S., Varghese, T., Hittinahalli, C. M., & Akhila, S. (2025). Transforming waste to value: exploring potential of different organic fertilizer extracts as supplement mineral nutrients in aquaculture wastewater towards sustainable production of *Channa striata* (Bloch, 1793) and *Lactuca sativa* L. aquaponics. *Aquaculture International*, 33, 256. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-01943-8>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2021). *Statistik Perikanan Budidaya Indonesia*. KKP.
- Liu, Y., Rosten, T. W., Henriksen, K., Hognes, E. S., Summerfelt, S., & Vinci, B. (2016). *Comparative economic performance and carbon footprint of two farming models for producing Atlantic salmon (Salmo salar): Land-based closed containment system in freshwater and open net pen in seawater*. *Aquacultural Engineering*, 71, 1-12.
- Menanteau-Ledouble, S., Goncalves, R. A., & El-Matbouli, M. (2020). Feed supplementation with a commercially available probiotic solution does not alter the composition of the microbiome in the biofilters of recirculating aquaculture systems. *Pathogens*, 9(10), 830. <https://doi.org/10.3390/pathogens9100830>
- Nikijuluw, V. P. H. (2021). *Coastal resource degradation and community conflicts in Indonesia: Institutional perspectives*. *Marine Policy*, 128, 104476.
- Pagoray, H., Suyatna, I., Sukarti, K., Kesuma, A. D., Butarbutar, T., Raafi, M., Suyatna, M. B. B., & Daru, T. P. (2025). Water quality and plankton diversity to support aquaculture in the middle Mahakam Watershed, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 26(1), 233–245. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260124>
- Paulus, C. A., Damianus, A., Yahyah, Hotty, R. M. I., Rusdiyanto, E., & Firmansyah, I. (2023). Multi-aspect sustainability analysis of freshwater fish aquaculture in Kupang City of East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 8(140), 173–186.
- Pratama, D., Mulyadi, & Pamukas, N. A. (2016). Pengaruh pemberian pakan dengan kandungan protein berbeda terhadap kualitas air media pemeliharaan Ikan Baung (*Mystus numerus* CV) dalam sistem resirkulasi akuaponik. *Jurnal Perikanan Dan Ilmu Kelautan*, 1(1).
- Purba, E. D. L., Nurhudah, M., & Indrayati, A. (2024). Pengaruh pemberian probiotik pada pakan terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*) di BBPBL Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia ke-25*, 205–218. <https://doi.org/10.15578/psnp.15290>
- Puspa, A. (2016). Pengaruh berbagai kadar protein pakan terhadap total amonia (NH3) air pada pembesaran ikan sidat (*Anguilla* sp.). *Jurnal Agrisistem*, 10(1), 34–44.
- Putri, M. A., Affandi, R., Setyobudiandi, I., & Yulianto, G. (2019). Status keberlanjutan perikanan budidaya keramba jaring apung (KJA) di waduk Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta. *JPSL*, 9(3), 771–786. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.771-786>
- Rachmawati, D., Samidjan, I., & Pinandoyo. (2020). *Optimum stocking density for rearing*

golden pompano (Trachinotus blochii) in floating net cages. AACL Bioflux, 13(4), 2156-2164.

Radiarta, I. N., Wardoyo, S. E., & Prihadi, T. H. (2021). *Sustainability assessment of marine fish cage culture in Indonesia using RAPFISH approach*. Indonesian Fisheries Research Journal, 27(1), 27-40.