


# 1 1

## 15771-69045-1-LE (1).docx

 Class 1 -- No Repository 015

 Class B

 Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

---

### Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3386807721

Submission Date

Oct 26, 2025, 8:15 PM GMT+7

Download Date

Oct 26, 2025, 8:18 PM GMT+7

File Name

15771-69045-1-LE\_1\_.docx

File Size

325.0 KB

36 Pages




8,195 Words

56,042 Characters

# 17% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

## Top Sources

- 15%  Internet sources
  - 8%  Publications
  - 4%  Submitted works (Student Papers)
-

## Top Sources

- 15% Internet sources
- 8% Publications
- 4% Submitted works (Student Papers)

## Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

|    |             |  |     |
|----|-------------|--|-----|
| 1  | Internet    | journal.trunojoyo.ac.id  | 2%  |
| 2  | Internet    | jurnal.ranahresearch.com   | 2%  |
| 3  | Internet    | 123dok.com   | <1% |
| 4  | Internet    | adoc.pub   | <1% |
| 5  | Publication | Ashabul Anhar, Danang Agung Saputra, Apriadi Apriadi, Insyafrizal Insyafrizal et ... | <1% |
| 6  | Internet    | ejournal-balitbang.kkp.go.id   | <1% |
| 7  | Internet    | id.123dok.com  | <1% |
| 8  | Publication | Irwan Mulyawan, Achmad Zamroni, Fatriyandi Nur Priyatna. "KAJIAN KEBERLANJ...        | <1% |
| 9  | Internet    | www.scribd.com   | <1% |
| 10 | Internet    | journal.ipb.ac.id  | <1% |
| 11 | Publication | Safrizal Razali, Aulia Rahman, Adrian Damora. "Penerapan Sistem IoT Berbasis En...   | <1% |

|    |                |   |     |
|----|----------------|---|-----|
| 12 | Internet       | www.coursehero.com  | <1% |
| 13 | Internet       | digilib.uinsa.ac.id   | <1% |
| 14 | Publication    | Gina Siti Nurwardani, Iwan Setiawan, Trisna Insan Noor. "The Analysis of Rice Co... | <1% |
| 15 | Internet       | core.ac.uk  | <1% |
| 16 | Internet       | idoc.pub  | <1% |
| 17 | Internet       | docobook.com  | <1% |
| 18 | Internet       | repository.its.ac.id  | <1% |
| 19 | Student papers | Universitas Riau  | <1% |
| 20 | Student papers | Australian National University  | <1% |
| 21 | Student papers | Padjadjaran University  | <1% |
| 22 | Publication    | Siti Hajar Suryawati, Tajerin Tajerin. "PENILAIAN KESIAPAN MALUKU SEBAGAI LU...     | <1% |
| 23 | Internet       | online-journal.unja.ac.id   | <1% |
| 24 | Internet       | repository.unri.ac.id   | <1% |
| 25 | Internet       | media.neliti.com  | <1% |

|    |             |  |     |
|----|-------------|--|-----|
| 26 | Internet    | repository.ub.ac.id  | <1% |
| 27 | Publication | Amin Nasrun Renur, Achmad Fahrudin, Dadang Solihin, Tridoyo Kusumastanto. "...       | <1% |
| 28 | Publication | Teresa Dewi Pandawa, Sinung Rahardjo, Moch. Nurhudah. "PENGARUH PENAMBA...           | <1% |
| 29 | Internet    | ji.unbari.ac.id  | <1% |
| 30 | Internet    | repository.unpar.ac.id   | <1% |
| 31 | Internet    | www.uniflor.ac.id  | <1% |
| 32 | Publication | Sayyidina Ali Hidayatullah, Styawati Styawati. "Rancang Bangun Single-Axis Solar ... | <1% |
| 33 | Internet    | artikelpendidikan.id   | <1% |
| 34 | Internet    | repository.ipb.ac.id   | <1% |
| 35 | Internet    | semnashppm-fapet.ub.ac.id  | <1% |
| 36 | Internet    | epublikasi.pertanian.go.id   | <1% |
| 37 | Internet    | jurnal.uns.ac.id   | <1% |
| 38 | Internet    | proceeding.unindra.ac.id   | <1% |
| 39 | Internet    | ikp-prh.s3.ap-south-1.amazonaws.com  | <1% |

|    |             |   |     |
|----|-------------|---|-----|
| 40 | Internet    | journal.um-surabaya.ac.id   | <1% |
| 41 | Internet    | jurnal.radenfatah.ac.id   | <1% |
| 42 | Internet    | jurnal.tekmira.esdm.go.id   | <1% |
| 43 | Internet    | jurnal.untan.ac.id  | <1% |
| 44 | Internet    | ojs3.unpatti.ac.id  | <1% |
| 45 | Internet    | repository.unhas.ac.id  | <1% |
| 46 | Internet    | www.ahievranconference.org  | <1% |
| 47 | Internet    | www.sindonews.com   | <1% |
| 48 | Publication | Ofan Bosman, Tri Edhi Budhi Soesilo, Sinung Rahardjo. "Status Keberlanjutan Bud..." | <1% |
| 49 | Internet    | civilica.com  | <1% |
| 50 | Internet    | docplayer.info  | <1% |
| 51 | Internet    | eprints.ums.ac.id   | <1% |
| 52 | Internet    | ia601406.us.archive.org   | <1% |
| 53 | Internet    | jurnal.unsyiah.ac.id  | <1% |

|    |             |  |     |
|----|-------------|--|-----|
| 54 | Internet    | repo.unand.ac.id   | <1% |
| 55 | Internet    | rumahikan.com  | <1% |
| 56 | Internet    | www.albergodellaposta-chialamberto.it  | <1% |
| 57 | Internet    | www.gji.co.jp  | <1% |
| 58 | Internet    | yuliasafwati.blogspot.com  | <1% |
| 59 | Publication | Yuyun Erwina, Rahmat Kurnia, Yonvitner Yonvitner. "STATUS KEBERLANJUTAN SU..." | <1% |
| 60 | Internet    | journal.ugm.ac.id  | <1% |
| 61 | Internet    | www.faanadanflora.com  | <1% |
| 62 | Internet    | www.neliti.com   | <1% |
| 63 | Internet    | qdoc.tips  | <1% |

# MANAJEMEN BUDIDAYA UDANG VANAME BERKELANJUTAN BERBASIS PENDEKATAN SOSIAL, EKONOMI, EKOLOGI, INSTITUSI, DAN TEKNOLOGI: STUDI KASUS DI UJUNG GENTENG, SUKABUMI

## ABSTRAK

Keberlanjutan pengelolaan akuakultur merupakan aspek krusial untuk memastikan produktivitas jangka panjang dan kesehatan lingkungan. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi status keberlanjutan budidaya udang vaname (*Penaeus vannamei*) di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi, melalui pendekatan multidimensi yang mencakup dimensi sosial, ekonomi, ekologi, institusional, dan teknologi. Metode yang digunakan adalah *Rapid Appraisal for Fisheries* (RAPFISH) berbasis pendekatan *multi-dimensional scaling* (MDS) yang dimodifikasi untuk memasukkan dimensi teknologi serta validasi melalui ulangan Monte Carlo sebanyak 25 kali. Hasil menunjukkan dimensi teknologi memperoleh skor tertinggi (77,325), mengindikasikan "sangat berkelanjutan", sementara dimensi lainnya, termasuk sosial (59,237), ekonomi (68,236), ekologi (61,856), dan institusional (60,215), dikategorikan sebagai "cukup berkelanjutan". Dimensi sosial, ekonomi, ekologi, dan institusional memiliki atribut sensitif, berpotensi meningkatkan status keberlanjutan dari cukup berkelanjutan menjadi berkelanjutan hingga sangat berkelanjutan, yang meliputi semangat gotong royong dan hubungan dengan pemerintah (sosial), tujuan pemasaran dan penyerapan tenaga kerja (ekonomi), tingkat pemanfaatan lahan dan kualitas air tambak (ekologi) serta skala usaha dan kemitraan kelembagaan (institusional). Penekanan juga diberikan pada integrasi teknologi canggih seperti sistem *nanobubble*, pemberi pakan otomatis, energi surya, dan pemantauan *real-time* berbasis IoT. Inovasi-inovasi ini menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan kadar oksigen terlarut, efisiensi pakan serta pengurangan biaya operasional, yang berkontribusi pada pertumbuhan udang yang lebih baik dan penurunan tingkat kematian. Temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan holistik yang mengombinasikan kemajuan teknologi, keterlibatan komunitas, dan dukungan institusional untuk mencapai praktik akuakultur yang berkelanjutan. Rekomendasi untuk penelitian mendatang mencakup pengujian aplikasi yang lebih luas di berbagai lingkungan akuakultur serta pengembangan teknologi adaptif untuk menghadapi tantangan yang muncul di sektor budidaya udang.

**KATA KUNCI:** akuakultur; keberlanjutan; manajemen; RAPFISH; udang vaname

**ABSTRACT:** *Sustainable Whiteleg Shrimp Farming Management Based on Social, Economic, Ecological, Institutional, and Technological Dimensions: A Case Study in Ujung Genteng, Sukabumi*

*Sustainability in aquaculture management is essential to ensure long-term productivity and environmental health. This study evaluates the sustainability status of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*) farming in Ujung Genteng, Sukabumi, using a multidimensional approach covering social, economic, ecological, institutional, and technological dimensions. The Rapid Appraisal for Fisheries (RAPFISH) method, based on multi-dimensional scaling (MDS) and modified to include technology, was applied with 25 Monte Carlo iterations for validation. Results indicate that the technological dimension achieved the highest score (77.325), categorized as "highly sustainable", while other dimensions, including social (59.237), economic (68.236), ecological (61.856), and institutional (60.215), were considered "moderately sustainable". Sensitive attributes in social, economic, ecological, and institutional dimensions have the potential to improve sustainability status from moderately*

51 *sustainable become sustainable to highly sustainable, including community cooperation and*  
52 *government relations (social), market orientation and employment absorption (economic),*  
53 *land use intensity and pond water quality (ecological), as well as business scale and*  
49 54 *institutional partnerships (institutional). The study highlights the role of advanced*  
55 *technologies such as nanobubble systems, automatic feeders, solar energy, and IoT-based real-*  
56 *time monitoring. These innovations can enhance dissolved oxygen levels, improve feed*  
57 *efficiency, reduce operational costs, and ultimately support better shrimp growth and lower*  
46 58 *mortality rates. Overall, the findings emphasize the importance of a holistic approach*  
59 *combining technological innovation, community involvement, and institutional support to*  
60 *achieve sustainable aquaculture. Future research is recommended to expand applications*  
61 *across diverse aquaculture environments and to develop adaptive technologies for emerging*  
62 *challenges in shrimp farming.*

63

64 **KEYWORDS: aquaculture; management; RAFPISH; sustainability; whiteleg shrimp**

65

## 66 PENDAHULUAN

30 67 Budidaya udang merupakan salah satu sektor perikanan yang memiliki potensi besar  
68 dalam mendorong pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Salah satu kawasan yang memiliki  
35 69 potensi besar dalam pengembangan budidaya udang adalah Kabupaten Sukabumi. Namun,  
70 seiring dengan meningkatnya aktivitas budidaya, tantangan terhadap keberlanjutan sektor ini  
71 juga semakin kompleks. Beberapa masalah utama yang dihadapi oleh petani tambak kawasan  
72 Ujung Genteng, Sukabumi, mencakup kualitas hidup dan pendapatan masyarakat yang rendah,  
73 penurunan kualitas lingkungan akibat limbah tambak, tingginya biaya operasional serta  
74 rendahnya adopsi teknologi modern yang dapat meningkatkan produktivitas secara efisien dan  
75 ramah lingkungan.

76 Dalam menghadapi tantangan tersebut, pengelolaan keberlanjutan menjadi kunci utama  
77 untuk memastikan kelangsungan produksi budidaya udang tanpa mengorbankan aspek sosial,  
78 ekonomi, dan ekologi. Pengelolaan yang optimal dan berkelanjutan melibatkan pemahaman  
79 yang mendalam terhadap berbagai faktor yang memengaruhi keberhasilan tambak udang,  
80 termasuk pendekatan sosial, ekonomi, ekologi, kebijakan regulasi, dan teknologi. Dengan  
81 menggabungkan pendekatan-pendekatan ini, diharapkan sistem budidaya udang dapat  
82 mencapai keseimbangan antara produktivitas, kesejahteraan masyarakat serta kelestarian  
83 lingkungan.

84 Teknologi memainkan peran yang semakin penting dalam optimalisasi pengelolaan  
85 tambak udang. Inovasi seperti *nanobubble*, *automatic feeder*, *solar energy*, dan *internet of*  
86 *things* (IoT) menawarkan solusi yang efektif untuk mengatasi berbagai tantangan dalam  
87 budidaya udang. Teknologi *nanobubble*, misalnya, mampu meningkatkan kadar oksigen  
88 terlarut di dalam air, sehingga meningkatkan kualitas lingkungan tambak dan kesehatan udang  
89 (Tari & Ramasre, 2024). Sementara itu, *automatic feeder* membantu mengoptimalkan  
90 pemberian pakan, sehingga mengurangi pemborosan dan biaya pakan (Fernandes & Dmello,  
32 91 2025). Penggunaan energi surya (*solar energy*) juga memberikan alternatif sumber energi yang  
92 lebih efisien dan ramah lingkungan serta mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.  
93 Pendekatan manajemen lingkungan berbasis probiotik dan bioflok juga memiliki potensi besar  
94 dalam mendukung keberlanjutan budidaya udang vaname. Teknologi probiotik berfungsi untuk  
95 meningkatkan kualitas air melalui kompetisi mikroba, sehingga dapat menekan pertumbuhan  
96 bakteri patogen seperti *Vibrio* spp., serta memperbaiki kesehatan udang dan efisiensi pakan  
97 (Kewcharoen & Srisapoome, 2019). Sementara sistem bioflok memungkinkan pemanfaatan  
98 bahan organik berupa sisa pakan dan feses menjadi sumber protein tambahan, yang secara  
99 signifikan dapat meningkatkan efisiensi pemeliharaan, menekan limbah, dan memperbaiki  
100 kualitas air (Khanjani & Sharifinia, 2020). Selain itu, pemanfaatan IoT dalam memantau  
40 101 kondisi tambak secara *real-time* dapat membantu petani mengambil keputusan yang lebih cepat  
102 dan tepat, berdasarkan data lingkungan dan kondisi tambak (Prapti *et al.*, 2021).

103 Pentingnya integrasi berbagai teknologi tersebut dalam sistem budidaya udang modern  
54 104 tidak hanya berdampak pada peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga memperkuat aspek  
105 keberlanjutan yang melibatkan dimensi sosial, ekonomi, dan ekologi. Selain itu, kepatuhan  
58 106 terhadap kebijakan dan regulasi yang berlaku dalam sektor perikanan, baik di tingkat lokal  
107 maupun nasional, harus menjadi perhatian utama dalam pengelolaan tambak udang untuk  
108 menjaga kesinambungan ekosistem dan keberlanjutan produksi dalam jangka panjang.

41 109 Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengembangkan  
110 strategi pengelolaan keberlanjutan tambak udang di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi,  
111 dengan mengintegrasikan pendekatan sosial, ekonomi, ekologi, regulasi kebijakan, dan  
112 teknologi. Dengan pendekatan holistik ini, diharapkan tambak udang kawasan Ujung Genteng,  
113 Sukabumi, tidak hanya mampu mencapai produktivitas yang optimal, tetapi juga berkontribusi  
114 terhadap kesejahteraan sosial dan perlindungan lingkungan secara berkelanjutan.

12 115 Revolusi industri 4.0 saat ini telah menyebabkan perubahan besar-besaran (disrupsi)  
116 yang sangat luar biasa dan mendorong pergeseran hebat (*great shifting*) pada berbagai sektor  
12 117 dan sendi kehidupan, tak terkecuali pada sektor perikanan. Kondisi ini merupakan tantangan  
118 sekaligus peluang baru bagi sektor perikanan Indonesia untuk mengejawantahkan gejala-gejala  
119 disrupsi tersebut agar dapat mewujudkan suatu pengelolaan sumber daya dan potensi perikanan  
120 yang berkelanjutan (*sustainable fisheries management*), peningkatan produktivitas, dan  
121 peningkatan kesejahteraan seluruh *stakeholder* pada sektor perikanan dalam menghadapi  
12 122 tantangan global ke depan. Lahirnya era industri 4.0 ini seyogyanya mampu memberikan solusi  
123 terhadap berbagai tantangan pada sektor perikanan serta mengatasi ketimpangan yang masih  
124 ada hingga saat ini pada sektor perikanan tersebut. Sektor perikanan khususnya pada sub-  
38 125 sektor perikanan budidaya harus segera mengambil bagian dalam era revolusi industri 4.0 ini,  
126 salah satunya adalah dengan inovasi teknologi tepat guna dan inovasi instrumen yang dapat  
127 diterapkan dan diimplementasikan secara masif, antara lain adalah dengan pemanfaatan  
128 teknologi *nanobubble*, sistem pemberian pakan secara otomatis (*automatic feeder*), energi  
129 hijau baru terbarukan (*solar energy*), dan IoT. Teknologi seperti benih unggul, manajemen  
130 pakan, dan sistem bioflok telah terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas. Namun  
131 demikian, integrasi dengan teknologi pendukung seperti *nanobubble* untuk oksigenasi,  
132 *automatic feeder* untuk efisiensi pakan, dan pemanfaatan energi surya untuk keberlanjutan  
133 energi, merupakan strategi lanjutan untuk mengoptimalkan produktivitas tambak secara

134 menyeluruh. Untuk menjawab tantangan era industri 4.0 dan memanfaatkan peluangnya pada  
135 sektor perikanan, maka perlu dilakukan suatu penelitian komprehensif dengan memanfaatkan  
51 136 ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang diharapkan dapat memberikan nilai tersendiri  
137 dan bermanfaat bagi *stakeholder* sektor perikanan budidaya tambak udang serta bagi khalayak  
138 luas. Penelitian ini berusaha menjawab tantangan tersebut, dengan melakukan pengamatan  
139 langsung pada budidaya tambak super intensif untuk melihat kombinasi dan integrasi  
140 penggunaan dari teknologi *automatic feeder*, *nanobubble*, *solar energy*, dan IoT.

141 Urgensi penelitian ini adalah dapat memberikan dan menghadirkan informasi dan inovasi  
142 terbaru teknologi tepat guna yaitu E-FARM yang mampu meningkatkan produktivitas  
143 petambak udang dalam usaha budidaya mereka. E-FARM merupakan teknologi digital  
144 berbasis aplikasi yang dirancang untuk memfasilitasi manajemen budidaya secara terintegrasi.  
145 Melalui fitur-fitur *monitoring* dan pencatatan data *real-time*, E-FARM mendukung  
146 pengambilan keputusan berbasis data, bukan hanya sebagai alat bantu analisis, tetapi sebagai  
147 sistem manajemen produksi secara digital (Sabran & Rusfian, 2023). Instrumen E-FARM ini  
148 diharapkan dapat dikomersialisasikan ke tahap yang lebih luas pada masyarakat pembudidaya  
149 udang.

43 150 Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menilai keberlanjutan sistem perikanan  
151 dan akuakultur adalah *Rapid Appraisal for Fisheries* (RAPFISH). Metode ini memiliki  
152 kelebihan berupa fleksibilitas dalam penggunaan indikator multidimensi, kemampuan  
153 menghasilkan penilaian cepat berbasis persepsi ahli serta kemudahan dalam visualisasi status  
154 keberlanjutan melalui analisis *multi-dimensional scaling* (MDS). Selain itu, RAPFISH dinilai  
155 efisien dalam mengidentifikasi atribut sensitif yang paling berpengaruh terhadap keberlanjutan,  
156 sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan strategi intervensi kebijakan (Farid  
157 *et al.*, 2024; Safitri *et al.*, 2024). Keunggulan-keunggulan ini menjadikan RAPFISH sebagai  
158 metode yang relevan dan adaptif dalam menganalisis sistem akuakultur yang kompleks,

9

159 termasuk budidaya udang vaname berbasis teknologi tinggi. Hasil penelitian ini merupakan  
160 salah satu model penelitian yang memberikan kontribusi baru pada pengembangan IPTEK dan  
161 diharapkan memberikan solusi yang tepat terkait peningkatan hasil budidaya tambak udang  
162 dalam meningkatkan ekonomi dan budidaya berkelanjutan pada pelaku usaha.

163

## 164 **BAHAN DAN METODE**

### 165 **Rancangan Percobaan**

166 Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif dan kualitatif, sehingga penelitian ini  
167 dapat digolongkan sebagai penelitian campuran. Secara kuantitatif, penelitian dilakukan untuk  
168 menguji dugaan adanya pengaruh beberapa parameter penelitian (dimensi), dalam hal ini  
169 terkait dengan keberlanjutan usaha. Sementara penelitian kualitatif dilakukan untuk  
170 mengeksplorasi dan mendeskripsikan keberlanjutan usaha tersebut.

171 Baik untuk penelitian kuantitatif atau penelitian kualitatif, metode survei digunakan  
172 untuk pengumpulan datanya. Menurut Sugiyono (2014), metode survei dilakukan untuk  
173 memperoleh data penelitian, baik yang terjadi sekarang atau sebelumnya, terkait dengan  
174 pendapat, perilaku, keyakinan, dan sifat yang berkaitan juga dengan variabel, dengan  
175 menggunakan sampel dari kelompok populasi tertentu. Dalam penelitian ini, metode survei

42

176 yang digunakan adalah melalui observasi dengan bantuan kuesioner, dengan tujuan agar fakta-  
177 fakta di lapangan dapat terjangkau dan terhimpun dengan baik. Penelitian diawali dengan  
178 melakukan identifikasi masalah berupa adanya berkelanjutan atau tidak yang ditunjang oleh  
179 beberapa faktor yang mendukung, sehingga diduga permasalahannya ada pada faktor tersebut  
180 yang kemudian dikelompokkan ke dalam dimensi-dimensi keberlanjutan, dianalisis dengan

29

181 RAPFISH. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data, yang berupa data sekunder dan data  
182 primer. Data yang terkumpul kemudian dilakukan pengolahan berupa tabulasi yang kemudian

183 dimasukkan ke dalam alat analisis RAPFISH modifikasi sehingga diperoleh nilai atau status  
184 keberlanjutan masing-masing dimensi serta atribut sensitifnya (Silvia & Muhsoni, 2024).

185

### 186 **Sumber Informasi**

187 Pada penelitian ini digunakan 35 responden yang terdiri atas pelaku usaha (*stakeholder*),  
188 peneliti atau akademisi, Dinas Perikanan atau instansi terkait, dan penyuluh perikanan.  
189 Penentuan responden didasarkan pada tujuan atau pertimbangan tertentu (*purposive sampling*)  
190 berupa pengetahuan dan kepakaran atau keahlian yang dimiliki terkait budidaya tambak udang  
191 pada umumnya.

192

### 193 **Instrumen Percobaan**

194 Penggunaan instrumen penelitian yang tepat sangat memengaruhi proses pengumpulan  
53 195 data penelitian dari sumber informasi yang digunakan. Proses pengumpulan data penelitian  
196 dilakukan dengan instrumen berupa kuesioner, melalui wawancara langsung sekaligus  
197 melakukan observasi. Sebelumnya responden atau sumber informasi diberikan penjelasan  
198 tentang penelitian yang dilakukan termasuk penjelasan terkait kuesioner dan cara  
199 pengisiannya. Pembuatan kuesioner mengacu pada Farid *et al.* (2024) serta Silvia dan Muhsoni  
200 (2024) dengan didasarkan pada kebutuhan data yang nantinya akan dilakukan analisis. Untuk  
201 memastikan instrumen benar-benar dapat digunakan, instrumen penelitian juga dilakukan  
202 pengujian, untuk menilai reliabilitas dan validitasnya.

203

### 50 204 **Pengumpulan Data**

205 Pengumpulan data dilakukan secara langsung melalui lembaran kuesioner. Teknis  
206 pengumpulan datanya dilengkapi dengan observasi lapangan, terutama untuk responden yang  
207 merupakan pelaku usaha budidaya udang, guna memperoleh data kontekstual dan memperkuat

208 hasil survei. Kuesioner penelitian RAPFISH untuk analisis keberlanjutan dengan sampel  
209 berupa responden yang ditentukan berdasarkan tujuan atau pertimbangan tertentu (*purposive*  
210 *sampling*) berupa pengetahuan dan keahlian yang dimiliki terkait kegiatan perikanan pada  
211 umumnya. Melalui teknik ini, diperoleh sebanyak 35 orang responden yang terdiri atas  
212 beragam latar belakang (Tabel 1).

213  
214 Tabel 1. Karakteristik responden RAPFISH untuk analisis keberlanjutan budidaya udang di  
215 Ujung Genteng, Sukabumi  
216 *Table 1. Respondent characteristics of RAPFISH to determine the sustainability of shrimp*  
217 *farming in Ujung Genteng, Sukabumi*

| No    | Kategori responden<br><i>Respondent characteristics</i>  | Jumlah responden (orang)<br><i>Number of respondents (ind)</i> |
|-------|--|--|
| 1     | Pelaku usaha aktif di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi<br><i>Active aquaculture practitioners in Ujung Genteng, Sukabumi</i>  | 20   |
| 2     | Peneliti lembaga riset dan akademisi di bidang akuakultur<br><i>Researchers from research institutions and academic scholars in aquaculture</i>                        | 4  |
| 3     | Penyuluh perikanan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Sukabumi<br><i>Fisheries extension officers from the Department of Marine and Fisheries Sukabumi Regency</i> | 3  |
| 4     | Aparatur Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Sukabumi<br><i>Officials of the Department of Marine and Fisheries Sukabumi Regency</i>                                | 5  |
| 5     | Dinas Lingkungan Hidup<br><i>Environmental Agency</i>  | 2  |
| 6     | Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang<br><i>Public Works and Spatial Planning Agency</i>   | 1  |
| Total |  | 35   |

218

## 219 Analisis Data

220 Analisis keberlanjutan kawasan budidaya tambak udang dilakukan dengan menggunakan  
221 analisis multidimensi melalui *multi-dimensional scaling* (MDS), dengan metode RAPFISH  
222 modifikasi dari Farid *et al.* (2024) serta Silvia dan Muhsoni (2024). Pada penelitian ini,  
223 modifikasi RAPFISH dilakukan dalam beberapa aspek, yaitu: (1) penambahan dimensi  
224 teknologi sebagai aspek penting dalam budidaya udang vaname di era industri 4.0; (2)  
225 penyusunan ulang indikator atau atribut dalam setiap dimensi berdasarkan hasil studi literatur,

226 observasi lapangan, dan masukan pakar; serta (3) penggunaan perangkat lunak RAPFISH  
227 berbasis Microsoft Excel yang diadaptasi untuk mengolah 100 atribut dari lima dimensi dengan  
228 validasi hasil menggunakan ulangan Monte Carlo sebanyak 25 kali. Modifikasi ini  
229 dimaksudkan agar metode RAPFISH lebih sesuai menggambarkan kondisi keberlanjutan  
230 spesifik kawasan tambak udang super intensif di Ujung Genteng, Sukabumi. Setiap atribut  
231 mempunyai indikator yang tidak sama satu dengan lainnya, didasarkan pada hasil kajian  
232 pustaka, observasi, dan wawancara. Indikator ini yang menjadi dasar bagi responden dalam  
233 memberikan skor pada setiap atribut dimensi. Pemberian skor pada setiap atribut (skoring),  
234 selain merupakan penilaian sendiri, responden dapat juga melakukannya dengan mencocokkan  
235 fakta di lapangan dengan kriteria pada tiap indikatornya.

236 Analisis data kemudian dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel yang di  
237 dalamnya sudah dipautkan (*add-in*) dengan program RAPFISH modifikasi. Setiap data yang  
238 didapat diberi nilai yang merepresentasikan kondisi sumberdaya tersebut. Hasilnya  
239 menunjukkan tingkat keberlanjutan di setiap aspek yang dianalisis dalam skala 0 hingga 100%  
240 (Nababan *et al.*, 2017). Apabila sistem yang diteliti memiliki nilai indeks melebihi 75% maka  
241 pengembangan tersebut dianggap berkelanjutan (*sustainable*), sedangkan jika kurang dari 75%  
242 maka sistem tersebut dikategorikan belum berkelanjutan (*unsustainable*). Pada tahap  
243 selanjutnya, dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui atribut yang paling berpengaruh  
244 terhadap indeks keberlanjutan di lokasi penelitian. Pengaruh dari setiap atribut diamati melalui  
245 perubahan "*Root Mean Square*" (RMS) ordinasi, terutama pada sumbu X atau skala  
246 *sustainability* (Alder *et al.*, 2000). Semakin tinggi nilai perubahan RMS akibat hilangnya suatu  
247 atribut tertentu, maka semakin besar pula peran atribut tersebut dalam membentuk nilai indeks  
248 keberlanjutan pada skala *sustainability*, atau semakin sensitif atribut tersebut dalam  
249 menentukan tingkat keberlanjutan pengelolaan. Indeks keberlanjutan menyimpulkan masing-  
250 masing dimensi tergolong kategori tidak berkelanjutan (0-25), kurang berkelanjutan (> 25-50),

251 cukup berkelanjutan (> 50-75), atau sangat berkelanjutan (> 75-100) (Erwina *et al.*, 2016;  
252 Muhsoni *et al.*, 2021).

253

## 254 **HASIL DAN BAHASAN**

255 Penentuan status keberlanjutan tambak udang di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi,  
256 Jawa Barat, dilakukan menggunakan metode RAPFISH. Metode ini melibatkan penilaian  
257 (skoring) terhadap berbagai atribut yang terkait dengan empat dimensi utama: sosial, ekonomi,  
258 ekologi, kelembagaan, dan teknologi. Status keberlanjutan budidaya tambak udang ditentukan  
259 berdasarkan rentang nilai yang diperoleh dari analisis ordinasasi RAPFISH pada masing-masing  
260 dimensi.

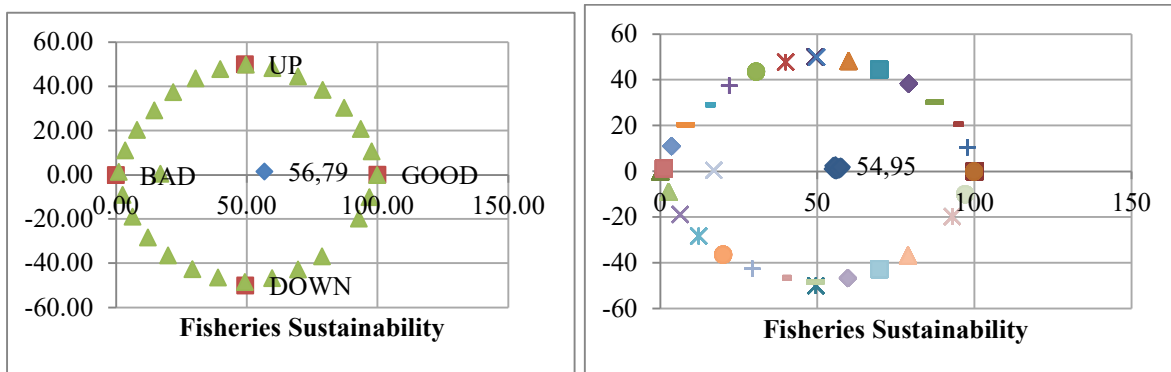
261

### 262 **Pendekatan Dimensi Sosial**

263 Pendekatan dimensi sosial, termasuk dalam keterlibatan komunitas lokal dan struktur  
264 kelembagaan yang mendukung. Menurut Okeyo *et al.* (2015), partisipasi masyarakat dalam  
265 pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pengelolaan tambak dapat memperkuat  
266 keberlanjutan usaha tersebut. Atribut yang digunakan dalam mengevaluasi dimensi sosial yaitu  
267 pengetahuan masyarakat tentang dampak keberadaan kawasan tambak udang Ujung Genteng,  
268 Sukabumi, di antaranya tingkat pendidikan, konflik sosial, partisipasi masyarakat dalam  
269 pengelolaan kawasan terhadap kerusakan sumberdaya oleh masyarakat. Dimensi sosial terdiri  
270 atas 14 atribut, diperoleh nilai modus penilaian (skor) dari semua responden untuk setiap  
271 atributnya pada Gambar 2.

272 Berdasarkan hasil analisis terhadap atribut tersebut diperoleh nilai keberlanjutan dimensi  
273 sosial dengan status keberlanjutan adalah cukup dengan nilai indeks berdasarkan nilai indeks  
274 yang dikonfirmasi oleh keberlanjutan (*RapScore*) dengan nilai 59,3, Monte Carlo dengan nilai  
275 59,1, *Squared Correlation* (RSQ) dengan nilai 95,2, *stress* dengan nilai 0,139 serta *Rapscore-*

60 276 Monte Carlo dengan nilai 0,159 yang berada di antara nilai indeks keberlanjutan dimensi  
277 ekologi dan dimensi ekonomi. Nilai *stress* sama dengan dimensi ekonomi, yaitu 0,139 dengan  
278 RSQ yang sedikit lebih tinggi, yaitu 95,55%. Kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai  
279 indeks keberlanjutan (*Rapscore*) valid dan stabil dapat dilihat dari hasil analisis skor RAPFISH  
280 (*Rapscore*) dan Monte Carlo pada dimensi sosial pada Gambar 1. Hal itu diperkuat dengan  
281 analisis Monte Carlo yang memperlihatkan hasil berupa bagan sebar yang semuanya dengan  
282 25 kali ulangan yang menempel sekitar nilai indeks keberlanjutan. Kestabilan (reliabilitas) dan  
283 kevalidan (validitas) tersebut juga dapat menjadi indikasi bahwa atribut dimensi sosial yang  
284 dipilih sudah sesuai.



285

8 286 Gambar 1. Hasil analisis skor RAPFISH Ordination (*Rapscore*) (kiri) dan RAPFISH  
287 Ordination Monte Carlo Scatter Plot pada dimensi sosial (kanan) budidaya  
288 *Penaeus vannamei* di Kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

289 *Figure 1. Results of RAPFISH Ordination score (Rapscore) analysis (left) and RAPFISH*  
290 *Ordination Monte Carlo Scatter Plot for the social dimension (right) of*  
291 *Penaeus vannamei* *culture in Ujung Genteng, Sukabumi*  
292

3 293 Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai indeks keberlanjutan untuk dimensi sosial adalah  
294 cukup berkelanjutan dengan nilai 56,79% (skala *sustainability* 0-100, dan nilai indeks < 50).

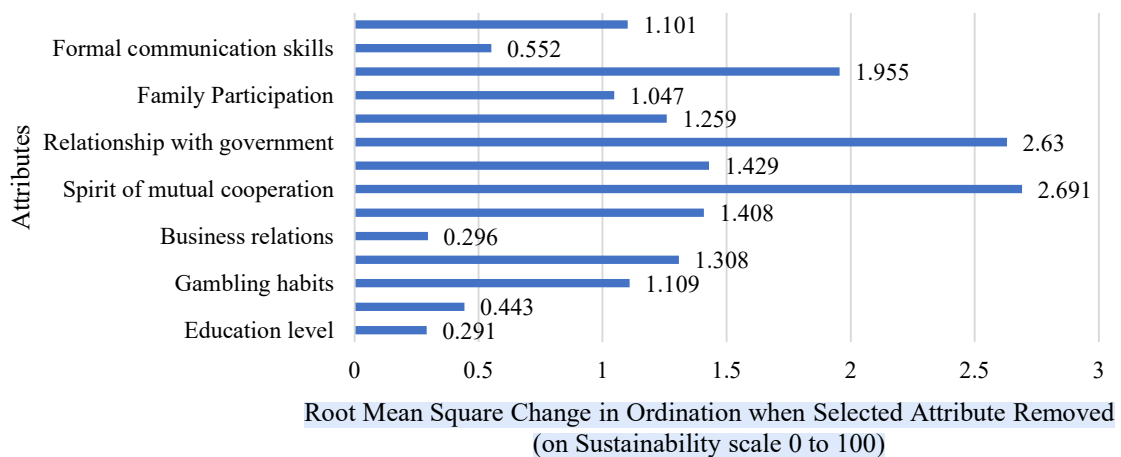
295 Berdasarkan kriteria Kavanagh dan Pitcher (2004), hal ini memperlihatkan bahwa status  
296 berkelanjutan untuk dimensi sosial dari keberadaan kawasan tambak udang Ujung Genteng,

2 297 Sukabumi, termasuk ke dalam kategori cukup berkelanjutan. Persepsi dan partisipasi adalah  
298 unsur perilaku manusia yang memengaruhi tindakan seseorang (Pratiwi *et al.*, 2019).

2 299 Berdasarkan hasil kuesioner, diketahui bahwa peran serta masyarakat dalam meningkatkan

300 kehidupan sosial masih sangat rendah di kawasan tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi.  
 301 Keterlibatan aktif masyarakat dalam kehidupan sosial sangat penting dan perlu ditingkatkan.  
 302 Pada dimensi sosial juga terdiri atas 14 atribut memperlihatkan sebaran nilai pengaruh  
 303 (*leverage*) atribut terhadap indeks keberlanjutan dimensi dapat dilihat pada hasil analisis  
 304 *leveraging* pada Gambar 2.

305 Keeratan hubungan masyarakat dengan semangat gotong royong mempunyai nilai yang  
 306 sangat signifikan sebesar 2,691, selanjutnya hubungan dengan pemerintah sebesar 2,630  
 307 berada di urutan kedua. Hal ini dapat memengaruhi cara berpikir dan bertindak dalam membuat  
 308 keputusan terutama terkait dengan pemanfaatan sumberdaya di sekitarnya. Rendahnya tingkat  
 309 pendidikan dengan nilai sebesar 0,291 dapat menjadi hambatan dalam partisipasi masyarakat  
 310 untuk mengelola pranata sosial. Tingkat pendidikan masyarakat memainkan peran penting  
 311 dalam meningkatkan kesadaran dan pemahaman mereka tentang pentingnya pengelolaan  
 312 kawasan budidaya berkelanjutan bagi kehidupan, di samping semangat gotong royong yang  
 313 tinggi.



315  
 316 Gambar 2. Analisis *leveraging* (sensitivitas) dimensi sosial dengan pendekatan RAPFISH pada  
 317 budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

318 Figure 2. *Leveraging (sensitivity) analysis of the social dimension using the RAPFISH*  
 319 *approach on Penaeus vannamei culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

320

2 321 Masyarakat dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki  
 2 322 pengetahuan yang lebih baik mengenai fungsi dan manfaat sosial, meningkatnya aktivitas dan  
 323 jumlah orang yang ingin memanfaatkan sumberdaya berpotensi menimbulkan konflik dalam  
 324 penggunaannya. Selanjutnya, nilai terendah pada atribut tingkat pendidikan sebesar 0,291. Hal  
 325 ini, membuktikan betapa pentingnya menjalin mitra usaha dengan berbagai *stakeholder* di  
 1 326 bidang perikanan, manfaatnya belum optimal karena pada dasarnya pelaku usaha cenderung  
 327 cepat merasa puas dan memiliki kemampuan komunikasi formal yang rendah, sehingga belum  
 1 328 mampu memanfaatkan berbagai peluang, terutama pada dimensi sosial sehingga  
 329 keberlanjutannya belum maksimal (hanya cukup).

2 330 Herdiansyah (2019) menyatakan bahwa konflik sosial dapat timbul karena keterbatasan  
 331 sumberdaya yang ada sementara kebutuhan akan sumberdaya terus meningkat. Namun,  
 332 berdasarkan wawancara dengan masyarakat setempat, diketahui bahwa belum ada konflik  
 24 333 sosial antarpelaku budidaya tambak yang terjadi. Hasil penilaian atribut sensitif dimensi sosial  
 334 lima besar, dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil analisis lima besar atribut sensitif dimensi  
 335 sosial berdasarkan besaran nilai RMS, komunikasi sosial merupakan hal yang sangat  
 336 fundamental dibutuhkan sesama *stakeholder*. Hal ini sejalan dengan pendapat Lutfi (2018),  
 1 337 bahwa salah satu cara untuk menghubungkan kebutuhan, perasaan, dan pikiran seseorang  
 338 dengan pihak lain adalah melalui komunikasi. Peningkatan partisipasi masyarakat, penguatan  
 339 forum komunikasi, serta pelibatan aktif dalam pengambilan keputusan telah terbukti efektif  
 340 memperkuat modal sosial dalam sistem akuakultur (Savari *et al.*, 2024). Dengan meningkatnya  
 341 indikator-indikator tersebut, maka indeks sosial secara keseluruhan berpeluang naik ke  
 342 kategori berkelanjutan.

343  
 344 Tabel 2. Lima besar atribut sensitif dimensi sosial berdasarkan analisis RAPFISH budidaya  
 345 *Penaes vannamei* di Ujung Genteng, Sukabumi  
 346 Table 2. Top five sensitive attributes of the social dimension based on RAPFISH analysis in  
 347 *Penaues vannamei* culture in Ujung Genteng, Sukabumi

| No | Atribut dimensi | Leverage (RMS) |
|----|-----------------|----------------|
|----|-----------------|----------------|

---

*Dimension attributes*

---

|   |   |       |
|---|---|-------|
| 1 | Semangat gotong royong<br><i>Spirit of mutual cooperation</i>     | 2,691 |
| 2 | Hubungan dengan pemerintah<br><i>Relationship with government</i> | 2,630 |
| 3 | Minat meningkatkan usaha<br><i>Interest in improving business</i> | 1,955 |
| 4 | Kedekatan pelaku usaha<br><i>Proximity among farmers</i>          | 1,429 |
| 5 | Tren jumlah pembudidaya<br><i>Trend in the number of farmers</i>  | 1,408 |

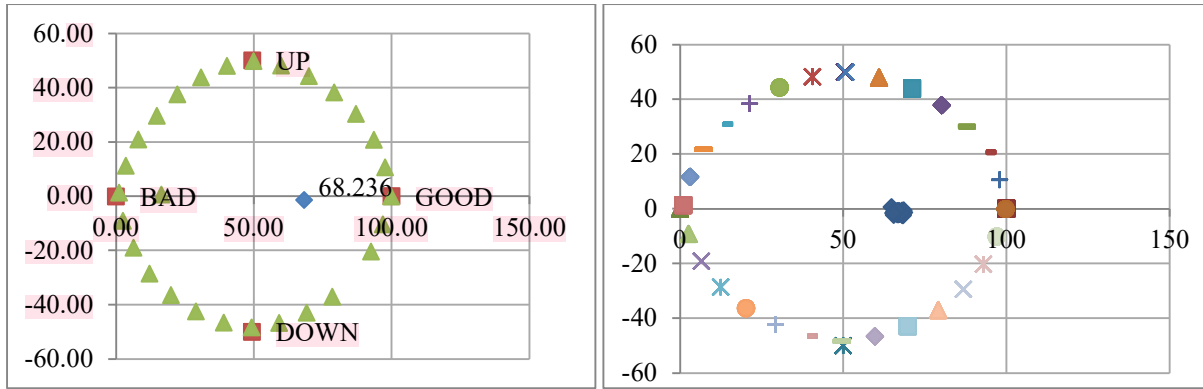
---

348

349 **Pendekatan Dimensi Ekonomi**

350 Keterlibatan dalam sisi ekonomi, menurut riset Agus dan Susilo (2017) menunjukkan  
351 bahwa budidaya tambak berkelanjutan dapat meningkatkan pendapatan masyarakat lokal  
352 melalui penggunaan teknologi yang lebih efisien. Dimensi ekonomi juga merupakan dimensi  
353 yang memengaruhi keberlanjutan budidaya tambak udang. Atribut (indikator) yang  
354 diperkirakan memberikan pengaruh terhadap tingkat keberlanjutan dimensi ekonomi terdiri  
355 atas 14 atribut (Gambar 4).

23 356 Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi ekonomi berada pada status cukup  
357 berkelanjutan dengan nilai *RapScore* sebesar 68,236, nilai Monte Carlo sebesar 67,264,  
358 *Squared Correlation* (RSQ) sebesar 95,33, nilai *stress* 0,137, serta selisih antara *RapScore* dan  
359 Monte Carlo sebesar 0,972. Dengan demikian, keberlanjutan usaha budidaya tambak udang  
360 dapat lebih ditingkatkan lagi dari dimensi ekonominya. Hal tersebut dapat diyakini dengan 25  
361 kali ulangan pada analisis Monte Carlo yang hasilnya berupa bagan sebar yang menumpuk  
362 (stabil) di sekitar nilai indeks keberlanjutannya. Skor RAPFISH (*Rapscore*) dan bagan sebar  
6 363 (*scatter plot*) Monte Carlo untuk dimensi ekonomi dapat dilihat pada Gambar 3.



364

365 Gambar 3. Hasil analisis skor RAPFISH *Ordination (Rapscore)* (kiri) dan RAPFISH  
366 *Ordination Monte Carlo Scatter Plot* pada dimensi ekonomi (kanan)  
367 budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

368 *Figure 3. Results of RAPFISH Ordination score (Rapscore) analysis (left) and*  
369 *RAPFISH Ordination Monte Carlo scatter plot for the economic dimension*  
370 *(right) of Penaeus vannamei culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

371

372 Hasil analisis berkelanjutan dari keberadaan kawasan tambak udang Ujung Genteng,

373 Sukabumi, terhadap dimensi ekonomi masyarakat menunjukkan nilai indeks dengan kategori

374 cukup berkelanjutan sebesar 68,236% (Gambar 3). Nilai indeks keberlanjutan dimensi

375 ekonomi lebih besar 11,446% dibanding nilai indeks keberlanjutan dimensi sosial. Nilai indeks

376 keberlanjutan dimensi ekonomi juga lebih besar dari 50 yang memiliki arti bahwa dimensi

377 ekonomi pada pengelolaan keberadaan kawasan tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi,

378 tergolong kategori cukup berkelanjutan.

379 Berdasarkan hasil kuesioner di kawasan tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi,

380 menghasilkan model dan penentuan atribut dimensi yang digunakan sudah tepat, sementara

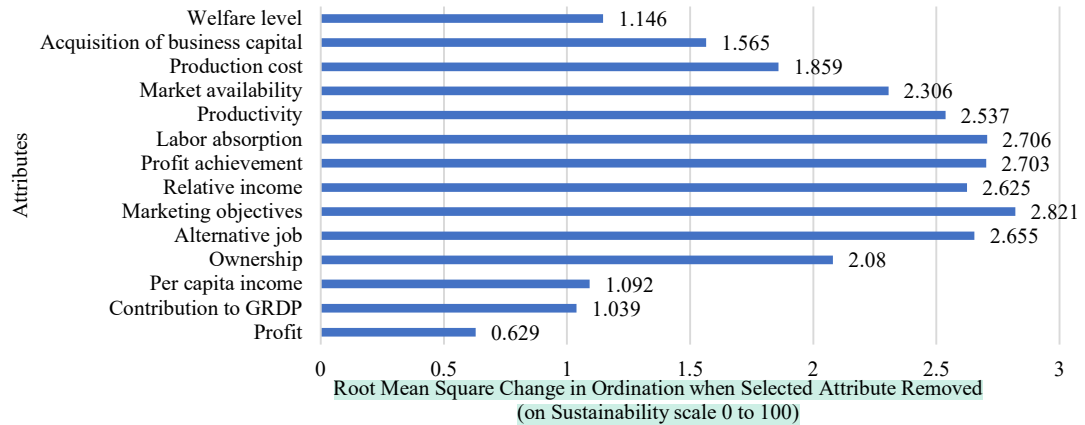
381 dari hasil analisis *leveraging* didapatkan sebaran nilai sensitivitas (*leverage*) dari 14 atribut

382 dimensi ekonomi yang sudah ditetapkan. Selain itu diperoleh juga hasil analisis *leveraging*

383 berupa sebaran nilai ungkit (sensitivitas) dari setiap atribut pada hasil analisis *leveraging*

384 (sensitivitas) dimensi ekonomi dapat dilihat pada Gambar 4.

385



386

387 **Gambar 4. Analisis leveraging (sensitivitas) dimensi ekonomi dengan pendekatan RAPFISH**  
 388 **pada budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi**

389 *Figure 4. Leveraging (sensitivity) analysis of the economic dimension using the RAPFISH*  
 390 *approach in ***Penaeus vannamei*** culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

391

392 Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner, dimensi ekonomi memberikan manfaat

393 ekonomis secara optimal bagi masyarakat pesisir karena pemanfaatan yang dilakukan secara

394 langsung tergolong tinggi. Kawasan pesisir merupakan gambaran dimensi ekonomi dari nilai

395 justifikasi atau estimasi dari nilai pengelolaan kawasan budidaya tambak udang Ujung

396 Genteng, Sukabumi. Lima besar atribut sensitif dimensi ekonomi meliputi tujuan pemasaran

397 (2,821), penyerapan tenaga kerja (2,706), penerimaan keuntungan (2,703), alternatif pekerjaan

398 (2,655), dan penerimaan relatif (2,625), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3. Hal ini

399 menunjukkan bahwa sistem ekonomi dalam budidaya udang masih belum optimal dari sisi

400 efisiensi distribusi dan margin keuntungan. Menurut Olaganathan dan Mun (2017),

401 keterbatasan akses pasar dan ketergantungan pada jalur distribusi tradisional menyebabkan

402 nilai tambah dari komoditas udang kurang maksimal. **Kebutuhan hidup yang semakin**

403 **meningkat juga dapat memengaruhi keberlanjutan usaha budidaya tambak udang. Salah satu**

404 **alasan pelaku usaha tidak lagi menjalankan aktivitas usahanya karena telah habisnya modal**

405 **usaha untuk memenuhi kebutuhan lain** (Azari & Wirdanengsih, 2022). Oleh karena itu,

406 intervensi seperti penguatan koperasi pemasaran, pengembangan produk olahan, dan kemitraan

407 dagang strategis dapat secara langsung memperbaiki skor atribut tersebut dan mendorong  
408 dimensi ekonomi ke level berkelanjutan.

409  
410 Tabel 3. Lima besar atribut sensitif dimensi ekonomi berdasarkan analisis RAPFISH budidaya  
411 *Penaes vannamei* di Ujung Genteng, Sukabumi  
412 Table 3. Top five sensitive attributes of the economic dimension based on RAPFISH analysis  
413 in *Penaes vannamei* culture in Ujung Genteng, Sukabumi

| No | Atribut dimensi<br><i>Dimension attributes</i>     | Leverage (RMS) |
|----|--|----------------|
| 1  | Tujuan pemasaran<br><i>Marketing objectives</i>    | 2,821          |
| 2  | Penyerapan tenaga kerja<br><i>Labor absorption</i> | 2,706          |
| 3  | Penerimaan keuntungan<br><i>Profit achievement</i> | 2,703          |
| 4  | Alternatif pekerjaan<br><i>Alternative jobs</i>    | 2,655          |
| 5  | Penerimaan relatif<br><i>Relative income</i>       | 2,625          |

414

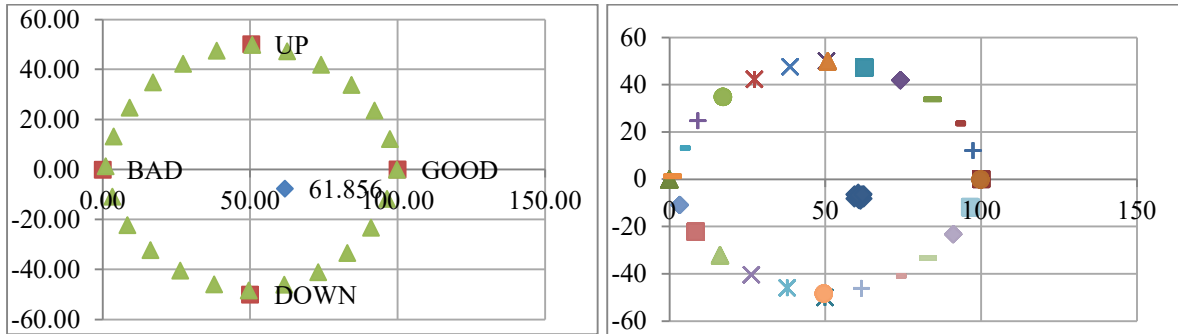
#### 415 Pendekatan Dimensi Ekologi

416 Perkembangan sektor budidaya tambak udang sangat tergantung pada habitat lingkungan  
417 yang mendukung. Hal ini juga menjadi syarat utama dalam pemilihan lokasi budidaya tambak  
418 udang sebagai daya dukung ekologi. Dimensi ekologi dalam kegiatan usaha budidaya tambak  
419 dapat menjadi faktor pendorong dan penghambat. Hal senada diungkapkan Pearce dan Turner  
420 (1991) bahwa lingkungan merupakan penentu utama bagi keberlanjutan usaha, di mana dengan  
421 memberikan prioritas pada perlindungan lingkungan, maka keberlanjutan menjadi baik (kuat).  
422 Dimensi ekologi terdiri dari 12 atribut yang berhubungan dengan kondisi bahan baku,  
423 pemasaran, dan aspek lingkungan lainnya (Gambar 6).

424 Indeks keberlanjutan untuk dimensi ekologi dari adanya kawasan tambak udang Ujung  
425 Genteng, Sukabumi, yang ditampilkan pada Gambar 5 adalah sebesar 61,856%, dengan skala  
426 *sustainability* 0-100 dan nilai indeks < 50. Hal ini menunjukkan bahwa status berkelanjutan  
427 dari kawasan tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi, berdasarkan dimensi ekologinya

26 428 adalah cukup berkelanjutan. Nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi lebih besar 5,07%  
429 dibanding indeks keberlanjutan dimensi sosial, namun lebih rendah 6,38% dibanding nilai  
430 keberlanjutan dimensi ekonomi.

431



432

8 433 Gambar 5. Hasil analisis skor RAPFISH Ordination (Rapscore) (kiri) dan RAPFISH  
434 Ordination Monte Carlo Scatter Plot pada dimensi ekologi (kanan) budidaya  
435 Penaeus vannamei di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

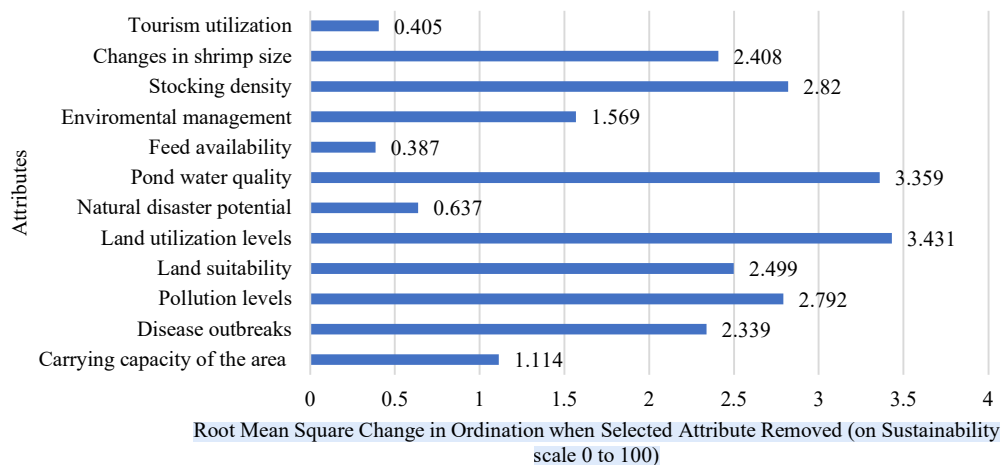
22 436 Figure 5. Results of the RAPFISH Ordination score (Rapscore) analysis (left) and RAPFISH  
437 Ordination Monte Carlo Scatter Plot for the ecological dimension (right) of Penaeus  
438 vannamei culture in Ujung Genteng, Sukabumi

439

3 440 Pertumbuhan penduduk yang tinggi dan pesatnya kegiatan pembangunan di wilayah  
441 pesisir laut serta kebutuhan lahan yang semakin meningkat, menyebabkan tekanan ekologis  
442 terhadap wilayah pesisir, utamanya pengembangan tambak udang.. Pemanfaatan wilayah  
443 pesisir tidak hanya meliputi eksploitasi sumberdaya pesisir seperti mangrove, hasil laut,  
444 maupun ekosistem terkait, tetapi juga meningkat pada perubahan fungsi lahan (Syamsu *et al.*,  
445 2018). Peralihan tata guna menjadi kawasan pemukiman, pariwisata, industri, dan aktivitas  
446 lainnya yang berlebihan, berisiko menyebabkan kerusakan ekologi dan menurunkan daya  
447 dukung kawasan budidaya (Ligate *et al.*, 2018).

448 Hasil analisis *leveraging* (sensitivitas) dimensi ekologi mendapatkan atribut tingkat  
449 pemanfaatan lahan dengan nilai paling tinggi sebesar 3,431, berturut turut diikuti oleh kualitas  
450 air tambak sebesar 3,359, kepadatan tebar sebesar 2.820, tingkat pencemaran sebesar 2,792,  
451 dan kesesuaian lahan sebesar 2,499. Oleh karena itu, untuk mendukung kegiatan budidaya yang  
18 452 ramah lingkungan, diperlukan pelestarian ekosistem mangrove. Kegiatan ini sangat bermanfaat

453 bagi lingkungan budidaya karena sistem perakaran mangrove dapat meningkatkan kadar  
 454 oksigen dalam air tambak, yang sangat penting untuk pertumbuhan ikan dan udang. Selain itu,  
 5 455 daun yang gugur dari mangrove api-api (*Avicennia* sp.) akan diurai oleh mikroba, menjadi  
 456 pakan organik yang sangat baik bagi udang dan ikan. Kawasan perbatasan tambak dan sawah;  
 5 457 untuk mencegah intrusi air laut ke lahan pertanian padi, perlu ditanam mangrove jenis tanjang  
 458 (*Bruguiera gymnorhiza*). Jenis mangrove ini mampu tumbuh dengan baik di tanah lempung  
 459 yang sedikit padat. Selain itu, mangrove juga dapat menyerap dan mengurangi salinitas air,  
 460 sehingga sangat efektif sebagai pembatas alami antara kawasan tambak dan sawah. Ketebalan  
 461 vegetasi mangrove di area ini harus disesuaikan dengan kondisi lahan yang ada.



2 463  
 464 Gambar 6. Analisis *leveraging* (sensitivitas) dimensi ekologi dengan pendekatan RAPFISH  
 465 pada budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi  
 14 466 *Figure 6. Leveraging (sensitivity) analysis of the ecological dimension using the RAPFISH*  
 467 *approach in **Penaeus vannamei** culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

36 469 Dimensi ekologi termasuk dalam kategori cukup berkelanjutan. Lima besar atribut  
 470 sensitif dimensi ekologi meliputi tingkat pemanfaatan lahan (3,431), kualitas air tambak  
 471 (3,359), kepadatan tebar (2,820), tingkat pencemaran (2,792), dan kesesuaian lahan (2,499)  
 472 (Tabel 4). Nilai RMS ini menandakan bahwa praktik pemanfaatan ruang dan manajemen  
 473 kualitas air tambak memiliki pengaruh besar terhadap skor keberlanjutan. Pemanfaatan lahan

474 yang belum sesuai daya dukung lingkungan dan tidak adanya zonasi tambak berkontribusi  
 475 terhadap tekanan ekosistem pesisir. Demikian pula, kualitas air tambak yang fluktuatif akibat  
 476 kepadatan tebar tinggi dan limbah pakan menyebabkan penurunan produktivitas serta  
 3 477 peningkatan risiko penyakit. Oleh karena itu, diperlukan perumusan strategi guna  
 478 meningkatkan status keberlanjutan dimensi ekologi. Perlu pula diperhatikan atribut sensitif  
 3 479 dalam dimensi ekologi pada pemanfaatan sumberdaya mangrove yang tidak berlandaskan  
 480 kepentingan ekologis dapat mengancam keberlanjutan ekosistem. Pertumbuhan penduduk  
 481 yang tinggi diikuti dengan pesatnya kegiatan pembangunan di wilayah pesisir dengan berbagai  
 482 peruntukan meningkatkan tekanan ekologis terhadap ekosistem pesisir, khususnya ekosistem  
 483 mangrove. Upaya perbaikan melalui teknologi *nanobubble* dan sistem bioflok, seperti yang  
 484 disarankan oleh Tari dan Ramasre (2024), terbukti mampu meningkatkan kadar oksigen,  
 485 menekan limbah organik, dan memperbaiki efisiensi pakan. Jika intervensi ini dijalankan  
 486 secara konsisten, dimensi ekologi berpotensi naik menjadi berkelanjutan.

487  
 488 Tabel 4. Lima besar atribut sensitif dimensi ekologi berdasarkan analisis RAPFISH budidaya  
 489 *Penaeus vannamei* di Ujung Genteng, Sukabumi  
 490 Table 4. Top five sensitive attributes of the ecological dimension based on RAPFISH analysis  
 491 in *Penaeus vannamei* culture in Ujung Genteng, Sukabumi

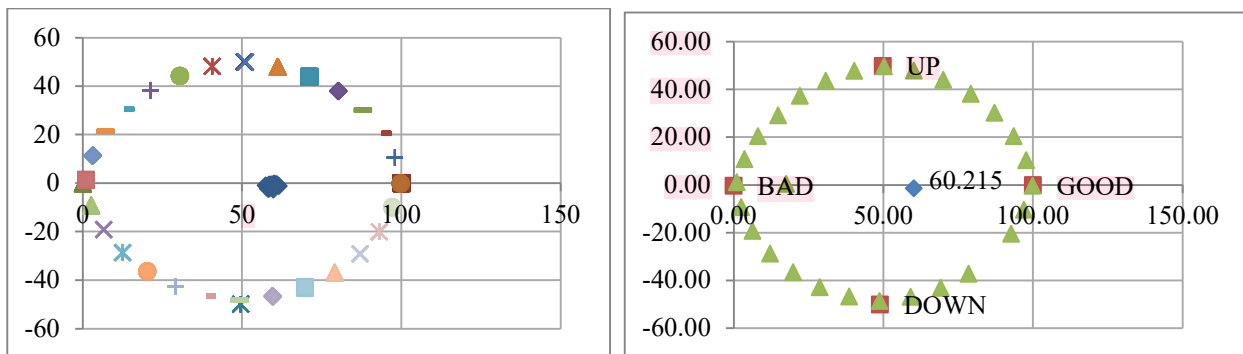
| No | Atribut dimensi<br><i>Dimension attributes</i>              | Leverage (RMS) |
|----|---|----------------|
| 1  | Tingkat pemanfaatan lahan<br><i>Land utilization levels</i> | 3,431          |
| 2  | Kualitas air tambak<br><i>Pond's water quality</i>          | 3,359          |
| 3  | Kepadatan tebar<br><i>Stocking density</i>                  | 2,820          |
| 4  | Tingkat pencemaran<br><i>Pollution levels</i>               | 2,792          |
| 5  | Kesesuaian lahan<br><i>Land suitability</i>                 | 2,499          |

492

493 **Pendekatan Dimensi Kelembagaan**

494 Dimensi kelembagaan merupakan dimensi penting yang digunakan untuk melakukan  
495 analisis keberlanjutan pengembangan kawasan budidaya tambak udang. Kelembagaan, dari  
496 segi prosesnya, dapat diartikan sebagai upaya dalam membangun pola interaksi antara pelaku  
497 usaha, sehingga kegiatan usahanya dapat berjalan. Sementara dari sisi tujuannya, kelembagaan  
498 dimaksudkan agar efisiensi dapat terjadi melalui jalur sosial dan politik antara pelaku usaha  
499 dan pemerintah sebagai pemegang struktur kekuasaan (Pearce & Turner, 1991). Oleh karena  
500 itu, dimensi kelembagaan juga penting untuk turut dianalisis sebagai salah satu dimensi  
501 keberlanjutan usaha, yang berdasarkan beberapa pengertian tersebut, diuraikan ke dalam 14  
502 atribut seperti dapat dilihat pada Gambar 8.

503



504

8 505 Gambar 7. Hasil analisis skor RAPFISH Ordination (*Rapscore*) (kiri) dan RAPFISH Ordination  
506 *Monte Carlo Scatter Plot* pada dimensi kelembagaan (kanan) budidaya *Penaeus*  
507 *vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

39 508 *Figure 7. The results of the RAPFISH Ordination score (Rapscore) analysis (left) and the*  
509 *RAPFISH Ordination Monte Carlo Scatter Plot for the institutional dimension (right)*  
510 *of **Penaeus vannamei** culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

511

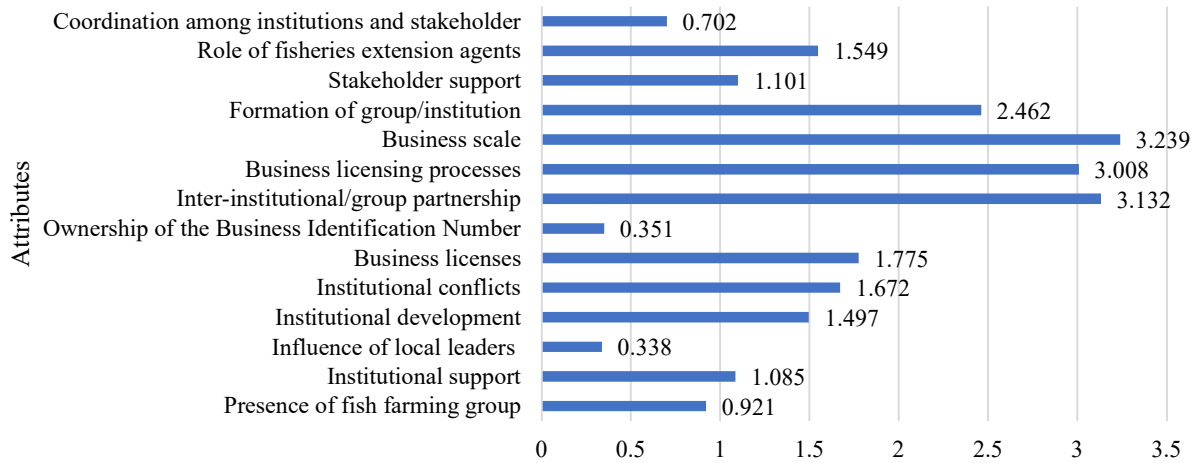
59 512 Hasil analisis RAPFISH modifikasi pada dimensi ekologi menunjukkan bahwa status

513 keberlanjutannya bernilai cukup, karena nilai indeks keberlanjutan (61,856) berada pada  
514 rentang 50-75 (Erwina *et al.*, 2016). Nilai indeks dan interpretasinya tersebut dapat dijamin  
515 tingkat kebenarannya, karena pada saat dilakukan pengulangan sebanyak 25 kali, nilainya tidak  
516 jauh berubah. Hal itu ditunjukkan oleh bagan sebaran Monte Carlo berupa data yang berkumpul  
517 di sekitar nilai indeks tersebut sebesar 60,981. Tingkat kebenaran model dan pemilihan atribut  
518 yang digunakan juga dapat dipastikan dari nilai RSQ sebesar 95,22. Hasil analisis

519 menunjukkan bahwa model yang digunakan sudah baik, karena nilai *stress*-nya kecil, yaitu  
520 0,137 lebih kecil dari batas atas untuk nilai *stress* sebesar 0,25 (Erwina *et al.*, 2016). Sementara  
521 dari nilai RSQ yang berada di sekitar 95% menandakan bahwa selain model yang digunakan  
522 mempunyai ketepatan yang mendekati 100%, di mana standar minimalnya adalah 80% (Fauzi  
523 & Anna, 2005), standar minimal dan interpretasi yang sama juga berlaku pada pemilihan  
524 atributnya. Dengan kata lain, atribut yang dipilih sudah dapat menjelaskan hampir 100%.

62 525 Berdasarkan Gambar 7 diketahui bahwa indeks keberlanjutan untuk dimensi  
526 kelembagaan dari adanya kawasan tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi, sebesar 60,215%.  
527 Hal ini menunjukkan bahwa status berkelanjutan dari kawasan tambak udang Ujung Genteng,  
63 528 Sukabumi, berdasarkan dimensi kelembagaan adalah cukup berkelanjutan. Nilai indeks  
529 keberlanjutan dimensi kelembagaan lebih besar 3,425% dibanding indeks keberlanjutan  
530 dimensi sosial, namun lebih kecil 8,021% dari indeks keberlanjutan dimensi ekonomi dan  
4 531 1,641% dari indeks keberlanjutan dimensi ekologi. Hasil analisis keberlanjutan dimensi  
532 kelembagaan pada Gambar 7 menunjukkan hasil yang berbeda dengan dimensi sosial,  
6 533 ekonomi, dan ekologi. Untuk itu, pengaruh (*leverage*) 14 atribut terhadap nilai indeks  
534 keberlanjutan dapat dilihat pada hasil analisis *leveraging* dimensi kelembagaan pada Gambar  
535 8.

536



Root Mean Square Change in Ordination when Selected Attribute Removed (on Sustainability scale 0 to 100)

537

538 Gambar 8. Analisis *leveraging* (sensitivitas) dimensi kelembagaan dengan pendekatan  
 539 RAPFISH pada budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng,  
 540 Sukabumi

541 *Figure 8. Leveraging (sensitivity) analysis of the institutional dimension using the RAPFISH*  
 542 *approach in **Penaeus vannamei** culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

543

544 Berdasarkan hasil analisis *leveraging* (sensitivitas) dimensi kelembagaan terdapat atribut  
 545 yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan dimensi kelembagaan, yaitu skala usaha  
 546 sebesar 3,329 dan kemitraan antarlembaga atau kelompok sebesar 3,132. Selanjutnya, nilai  
 547 atribut pengurusan izin usaha sebesar 3,008, pembentukan kelompok atau kelembagaan sebesar  
 548 2,462, dan izin usaha sebesar 1,775. Kawasan pesisir merupakan gambaran penting dalam  
 549 pengelolaan dimensi kelembagaan berdasarkan nilai justifikasi atau estimasi dari nilai  
 550 pengelolaan kawasan budidaya tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi, yang tergolong  
 551 dalam lima besar atribut sensitif untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.

552 Keberlanjutan dimensi kelembagaan didukung pula oleh peran penyuluh perikanan yang  
 553 efektif, serta kemudahan pengurusan izin usaha. Namun, karena kategori pelaku usaha dan  
 554 skalanya tergolong dalam skala mikro dan belum berkelanjutan, serta tidak adanya  
 555 peningkatan kelas kelompok, menjadikan kedua atribut teratas belum mampu untuk  
 556 mendorong status keberlanjutan dimensi kelembagaan menjadi cukup seperti empat dimensi  
 557 lain. Kondisi ini juga disebabkan oleh kurang optimalnya pemanfaatan peran penyuluh

558 perikanan dan penggunaan fasilitas perizinan usaha oleh pelaku usaha itu sendiri. Menurut Fitri  
 559 *et al.* (2024), pengurusan perizinan merupakan kemampuan teknis dari sebagian besar pelaku  
 560 usaha sehingga belum dianggap perlu adanya izin usaha. Pada dasarnya kegiatan penyuluhan  
 561 berawal dari adanya pemahaman pelaku usaha (masyarakat) terhadap masalah dan potensi yang  
 562 ada, sehingga menimbulkan dorongan untuk menyelesaikan masalah dengan memanfaatkan  
 563 potensi yang tersedia, termasuk hal terkait dengan aspek kelembagaan (Daulay *et al.*, 2023).

564  
 565 **Tabel 5.** Lima besar atribut sensitif dimensi kelembagaan berdasarkan analisis RAPFISH  
 566 budidaya *Penaeus vannamei* di Ujung Genteng, Sukabumi  
 567 *Table 5. Top five sensitive attributes of the institutional dimension based on RAPFISH analysis*  
 568 *in Penaeus vannamei culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

| No | Atribut dimensi<br><i>Dimension attributes</i>  | Leverage (RMS) |
|----|---|----------------|
| 1  | Skala usaha<br><i>Business scale</i>  | 3,329          |
| 2  | Kemitraan antarlembaga atau kelompok<br><i>Inter-institutional or group partnership</i> | 3,132          |
| 3  | Pengurusan izin usaha<br><i>Business licensing processes</i>                            | 3,008          |
| 4  | Pembentukan kelompok atau kelembagaan<br><i>Formation of group or institution</i>       | 2,462          |
| 5  | Izin usaha<br><i>Business licenses</i>  | 1,775          |

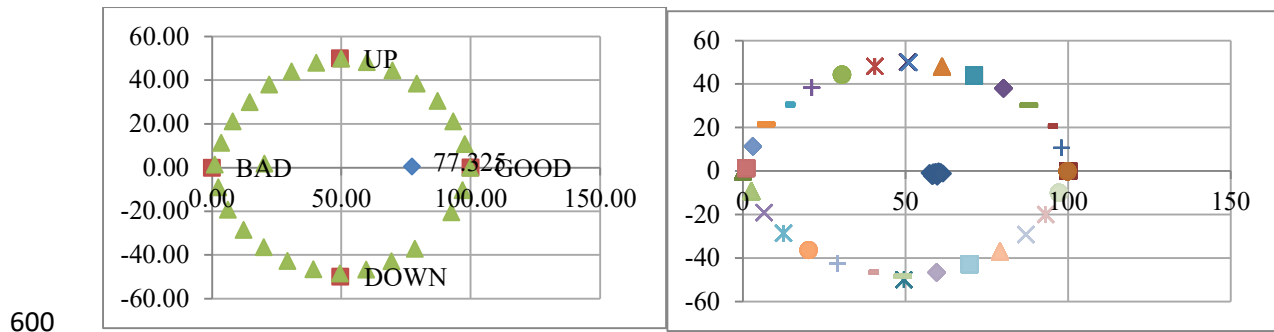
569  
 570 **Pendekatan Dimensi Teknologi**

571 Dimensi teknologi dalam pengembangan kawasan budidaya tambak udang sangat  
 572 diperlukan dalam meningkatkan produktivitas nilai tambah. Teknologi terbaru seperti  
 573 *nanobubble*, *automatic feeder*, energi surya, dan IoT telah terbukti memiliki potensi besar  
 574 dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan budidaya tambak. *Nanobubble*, yang  
 575 meningkatkan oksigen terlarut dalam air, dapat mengurangi tingkat pencemaran dan  
 576 meningkatkan kesehatan udang atau ikan yang dibudidayakan (Lee *et al.*, 2019). *Automatic*  
 577 *feeder* memungkinkan distribusi pakan yang lebih efisien, yang berkontribusi pada  
 578 pengurangan terhadap pemborosan pakan dan pengelolaan kualitas air yang lebih baik (Soomro

33 579 *et al.*, 2020). Penggunaan energi surya sebagai sumber energi terbarukan di tambak dapat  
580 mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang lebih mahal dan berdampak  
581 lingkungan (Irfan *et al.*, 2019). Penggunaan IoT untuk pemantauan kondisi tambak secara *real-*  
582 *time* juga sangat berpotensi untuk meningkatkan hasil budidaya dengan meminimalkan risiko  
583 dan kerugian (Sung *et al.*, 2021). Analisis terhadap dimensi teknologi menggunakan 14 atribut  
17 584 yang dapat dilihat pada Gambar 10.

585 Hasil analisis RAPFISH modifikasi pada dimensi kelembagaan (Gambar 9)  
586 menunjukkan bahwa status keberlanjutannya bernilai baik karena nilai indeks keberlanjutan  
587 sebesar 77,325 berada pada rentang 50-75 (Fauzi & Anna, 2005). Nilai indeks dan  
588 interpretasinya tersebut dapat dijamin tingkat kebenarannya karena pada saat dilakukan  
589 pengulangan sebanyak 25 kali, nilainya tidak jauh berubah. Hal itu ditunjukkan oleh bagan  
590 sebaran Monte Carlo berupa data yang berkumpul di sekitar nilai indeks tersebut sebesar  
591 75,187 (Erwina *et al.*, 2016). Tingkat kebenaran model dan pemilihan atribut yang digunakan  
592 juga dapat dipastikan dari nilai RSQ sebesar 95,39%. Hasil analisis menunjukkan bahwa model  
593 yang digunakan sudah baik, karena nilai *stress*-nya kecil, yaitu 0,136 lebih kecil dari batas atas  
594 untuk nilai *stress* sebesar 0,25 (Fauzi & Anna, 2005). Sementara dari nilai RSQ yang berada  
595 di sekitar 95% menandakan bahwa selain model yang digunakan mempunyai ketepatan yang  
596 mendekati 100%, di mana standar minimalnya adalah 80% (Fauzi & Anna, 2005). Standar  
597 minimal dan interpretasi yang sama juga berlaku pada pemilihan atributnya. Dengan kata lain,  
598 atribut yang dipilih sudah dapat menjelaskan hampir 100%.

599



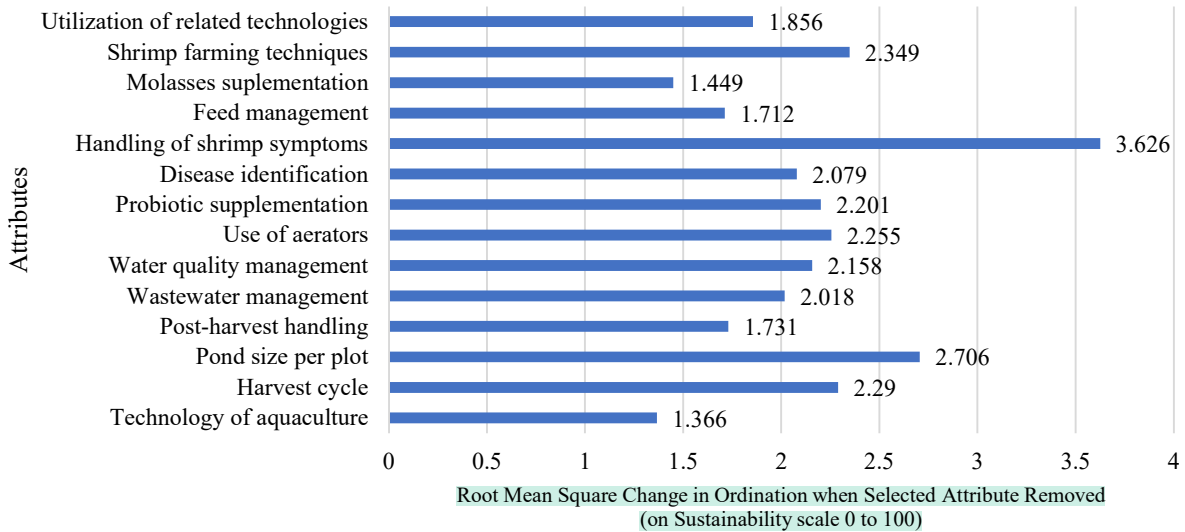
600

601 Gambar 9. Hasil analisis skor RAPFISH *Ordination* (*Rapscore*) (kiri) dan RAPFISH *Ordination*  
602 *Monte Carlo Scatter Plot* pada dimensi teknologi (kanan) budidaya *Penaeus*  
603 *vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

604 *Figure 9. Results of the RAPFISH Ordination score (Rapscore) analysis (left) and RAPFISH*  
605 *Ordination Monte Carlo Scatter Plot for the technology dimension (right) of **Penaeus***  
606 ***vannamei** culture in Ujung Genteng, Sukabumi*  
607

608 Berdasarkan Gambar 9 diketahui bahwa indeks keberlanjutan untuk dimensi teknologi  
609 dari adanya kawasan tambak udang Ujung Genteng, Sukabumi, sebesar 77,325%. Hal ini  
610 menunjukkan bahwa status berkelanjutan dari kawasan tambak udang Ujung Genteng,  
611 Sukabumi, berdasarkan dimensi teknologi adalah cukup berkelanjutan. Nilai indeks  
612 keberlanjutan dimensi teknologi lebih besar dibanding indeks keberlanjutan dari dimensi  
613 sosial, ekonomi, ekologi, dan kelembagaan. Secara lebih rinci, indeks keberlanjutan dimensi  
614 teknologi lebih besar 20,535% dibanding indeks keberlanjutan dimensi sosial, lebih besar  
615 9,089% dari indeks keberlanjutan dimensi ekonomi, lebih besar 15,469% dibanding indeks  
616 keberlanjutan dimensi ekologi, dan lebih besar 17,11% dibanding indeks keberlanjutan dimensi  
617 kelembagaan. Hasil analisis *leveraging* pada dimensi teknologi dapat dilihat pada Gambar 10.

618



Gambar 10. Hasil analisis leveraging (sensitivitas) dimensi teknologi dengan pendekatan RAPFISH pada budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

Figure 10. Leveraging (sensitivity) analysis of the technology dimension using the RAPFISH approach in *Penaeus vannamei* culture in Ujung Genteng, Sukabumi

Berdasarkan hasil analisis leveraging (sensitivitas) dimensi teknologi, terdapat lima atribut yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan dimensi teknologi, yaitu nilai atribut penanganan udang yang terindikasi sebesar 3,626, nilai atribut ukuran tambak per petak sebesar 2,706, nilai pengetahuan teknik budidaya tambak udang sebesar 2,349, nilai siklus panen sebesar 2,290, dan nilai atribut penggunaan kincir air sebesar 2,255 (Tabel 6). Dari lima atribut tersebut, berdasarkan modus skor responden, diperoleh satu atribut yang masuk kriteria baik (*good*) dan empat atribut yang masuk kriteria buruk (*bad*).

Tabel 6. Lima besar atribut sensitif dimensi teknologi berdasarkan analisis RAPFISH budidaya *Penaeus vannamei* di Ujung Genteng, Sukabumi

Table 6. Top five sensitive attributes of the technology dimension based on RAPFISH analysis in *Penaeus vannamei* culture in Ujung Genteng, Sukabumi

| No | Atribut dimensi<br>Dimension attributes                                    | Leverage (RMS) |
|----|--|----------------|
| 1  | Penanganan udang terindikasi<br><i>Handling of shrimp disease symptoms</i> | 3,626          |
| 2  | Ukuran tambak per petak<br><i>Pond size per plot</i>                       | 2,706          |
| 3  | Pengetahuan teknik budidaya tambak udang                                   | 2,349          |

*Shrimp farming techniques knowledge*

|   |  |       |
|---|--|-------|
| 4 | Siklus panen<br><i>Harvest cycle</i>                 | 2,290 |
| 5 | Penggunaan kincir air<br><i>Use of paddle wheels</i> | 2,255 |

---

638

639 Kriteria *good* terdapat pada atribut ke-1 di mana penanganan udang terindikasi, artinya  
640 dengan diketahui lebih awal gejala atau indikasi, maka tindakan preventif dan *treatment* akan  
641 cepat dilakukan dalam menjaga pembesaran udang. Untuk itu, keempat hal tersebut menjadi  
642 keunggulan dan peluang tersendiri, karena sebenarnya teknik penanganan udang terindikasi  
643 adalah informasi awal dalam keberhasilan budidaya pada tambak udang dengan teknologi  
644 super intensif. Hal ini ditandai juga dengan ukuran tambak per petak atau luasan tambak udang  
645 yang menggunakan pengetahuan teknik tambak udang yang diisi dengan kepadatan tinggi serta  
646 memperhatikan siklus panen dan penggunaan kincir air. Tentunya atribut ini merupakan hal  
647 baru terhadap teknologi-teknologi yang dapat terus meningkatkan produktivitas tambak.

648 Hasil penelitian ini, juga menunjukkan sebuah inovasi yang mengintegrasikan teknologi  
649 *nanobubble*, *automatic feeder*, energi surya, dan IoT. Sistem *nanobubble* mampu secara  
650 signifikan meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air tambak, yang pada gilirannya  
651 menjaga stabilitas kualitas air. Selain itu, sistem *automatic feeder* berfungsi memberikan pakan  
652 secara konsisten dan terukur, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi penggunaan pakan.

653 Penerapan teknologi *nanobubble* dan *automatic feeder* terbukti efektif dalam  
654 meningkatkan pertumbuhan udang serta mengurangi tingkat kematian yang disebabkan oleh  
655 infeksi bakteri *Vibrio* sp. Penggunaan sistem IoT memungkinkan *monitoring real-time* yang  
656 efisien, sehingga mempermudah pengambilan keputusan dalam pengelolaan tambak. Hasil  
657 pengamatan selama satu siklus produksi menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dapat  
658 meningkatkan hasil panen udang hingga 20% dibanding dengan metode konvensional. Selain

659 itu, efisiensi energi dari penggunaan energi surya juga berhasil menekan biaya operasional  
660 hingga 15%.

661 Meskipun penerapan teknologi seperti *nanobubble*, *automatic feeder*, IoT, dan energi  
662 surya menunjukkan peningkatan produktivitas dan efisiensi tambak, tantangan utama terletak  
663 pada aksesibilitasnya. Teknologi ini lebih mudah diakses oleh petambak skala menengah dan  
664 besar yang memiliki sumberdaya dan dukungan kelembagaan, sedangkan petambak kecil  
665 masih menghadapi hambatan modal, literasi digital, dan minimnya pendampingan (Kumar *et*  
666 *al.*, 2018). Selain itu, otomatisasi tambak mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual, terutama  
667 dalam aktivitas pemberian pakan dan pemantauan air, yang meskipun efisien, dapat berdampak  
668 sosial negatif jika tidak diimbangi dengan pelatihan ulang tenaga kerja lokal (Joffre *et al.*,  
669 2018). Oleh karena itu, adopsi teknologi harus diikuti strategi inklusif seperti skema subsidi,  
670 pelatihan teknis, dan pemberdayaan masyarakat agar transformasi ini benar-benar  
671 berkelanjutan.

672 Ketersediaan teknologi budidaya di kawasan Ujung Genteng relatif terjamin melalui  
673 dukungan penyedia peralatan lokal, bantuan pemerintah daerah, dan kemitraan dengan  
674 perusahaan swasta yang menawarkan paket teknologi terpadu. Akses terhadap teknologi  
675 tersebut umumnya diperoleh melalui pembelian langsung, skema kredit atau program hibah,  
676 meskipun biaya investasi awal masih menjadi kendala bagi sebagian pembudidaya (Kumar *et*  
11 677 *al.*, 2018). Penerapan teknologi otomatis seperti *autofeeder* dan sensor IoT tidak hanya  
678 meningkatkan efisiensi, tetapi juga mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual dalam  
11 679 pemberian pakan dan pemantauan kualitas air, yang selanjutnya menggeser peran tenaga kerja  
680 dari pekerjaan fisik menuju pengelolaan, pemeliharaan, dan analisis data produksi. Pergeseran  
681 ini mencerminkan tren modernisasi akuakultur yang menuntut peningkatan keterampilan  
682 sumberdaya manusia agar mampu mengoperasikan dan mengoptimalkan teknologi secara  
683 berkelanjutan (Kantal *et al.*, 2025).

684 Keberlanjutan dimensi teknologi dalam budidaya udang vaname juga dipengaruhi oleh  
685 penerapan padat tebar yang sesuai dengan kapasitas sistem. Padat tebar merupakan faktor  
686 teknis yang sangat menentukan efektivitas teknologi, karena memengaruhi kualitas air, tingkat  
687 *stress*, risiko penyakit serta efisiensi konversi pakan. Padat tebar yang terlalu tinggi berpotensi  
688 mengurangi kapasitas teknologi dalam menjaga kadar oksigen terlarut, meningkatkan  
689 akumulasi limbah organik, dan menurunkan laju pertumbuhan (Xu *et al.*, 2025). Sebaliknya,  
690 padat tebar yang terlalu rendah dapat mengurangi efisiensi penggunaan teknologi, sehingga  
691 investasi menjadi kurang optimal. Sementara itu, pada sistem super intensif yang  
692 memanfaatkan aerasi modern dan manajemen kualitas air secara *real-time*, kepadatan  $\geq 500$   
693 ekor  $m^{-2}$  masih dapat dipertahankan dengan hasil baik, asalkan pengelolaan limbah dilakukan  
694 secara optimal (Mustafa *et al.*, 2023). Dengan demikian, integrasi teknologi berkelanjutan  
695 dengan penentuan padat tebar sesuai kapasitas teknis dan lingkungan tidak hanya  
696 memaksimalkan produktivitas, tetapi juga menjaga kualitas ekosistem budidaya dalam jangka  
697 panjang.

698

## 699 **Optimalisasi Pengembangan Kawasan Budidaya Tambak Udang Ujung Genteng,** 700 **Sukabumi**

15 701 Optimalisasi pengembangan kawasan budidaya tambak yang efektif yang berlandaskan  
702 prinsip-prinsip pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan, yaitu pengelolaan yang  
703 dilakukan secara terpadu (integral) dan menyeluruh (holistik) dari aspek-aspek lingkungan  
704 terkait yang mencakup aspek sosial, ekonomi, ekologi, kelembagaan, dan teknologi. Hasil  
10 705 analisis RAPFISH dari pengaruh masing-masing dimensi dalam menentukan tingkat  
706 keberlanjutan pengelolaan sumberdaya budidaya tambak berkelanjutan (Tabel 7) menunjukkan  
707 bahwa dimensi sosial dengan nilai 59,237, ekologi 61,856, ekonomi 68,236, dan kelembagaan  
708 60,215 termasuk kategori cukup berkelanjutan, sedangkan dimensi teknologi dengan nilai

709 77,325 termasuk kategori baik berkelanjutan. Diagram *spider-web* keberlanjutan antardimensi  
 710 yang diamati dapat dilihat pada Gambar 11.

10

711 Hal ini relevan dengan fakta yang ada di lapangan bahwa penggunaan teknologi dalam  
 712 meningkatkan produktivitas kawasan budidaya tambak seperti sarana dan prasarana sangat  
 713 diperlukan, yang ditandai dimensi teknologi memiliki nilai terbaik sebesar 77,325.

10

714 Berdasarkan hasil analisis terhadap dimensi keberlanjutan, status keberlanjutan aspek ekonomi  
 715 merupakan faktor yang paling dominan dan sekaligus menjadi faktor penentu status  
 716 keberlanjutan dalam pengelolaan sumberdaya kawasan budidaya tambak udang Ujung  
 717 Genteng, Sukabumi. Oleh karena itu, diperlukan optimalisasi pengembangan kawasan

25

718 budidaya tambak udang pada pengelolaan dengan memprioritaskan dimensi-dimensi yang  
 719 kurang berkelanjutan dan atribut-atribut sensitif dari setiap dimensi tersebut. Terdapat 10  
 720 atribut sensitif yang menjadi prioritas dalam menyusun strategi untuk meningkatkan  
 721 keberlanjutan pengelolaan kawasan budidaya tambak.

722

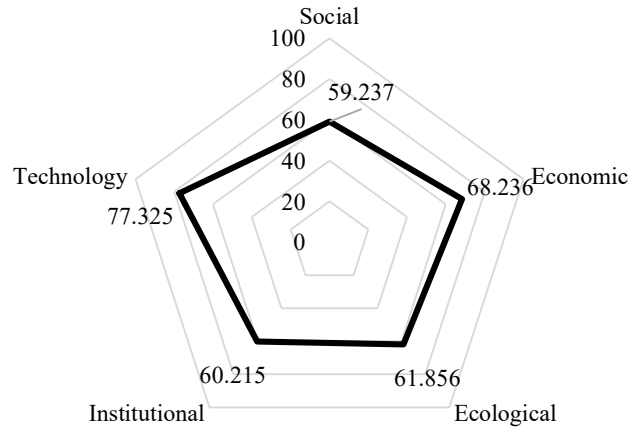
723 Tabel 7. Nilai indeks keberlanjutan (MDS-RAPFISH) kawasan budidaya tambak udang

724 *Table 7. Sustainability index values (MDS-RAPFISH) of shrimp farming areas*

| No | Dimensi<br><i>Dimension</i>         | Indeks<br>keberlanjutan<br><i>Sustainability<br/>index<br/>(Rapscore)</i> | Monte<br>Carlo | Status<br>keberlanjutan<br><i>Sustainability<br/>state</i> | RSQ<br>(%) | Stress | Rapscore -<br>Monte<br>Carlo |
|----|-------------------------------------|---|----------------|--|------------|--------|------------------------------|
| 1  | Sosial<br><i>Social</i>             | 59,237  | 59,078         | Cukup<br><i>Fair</i>                                       | 95,2       | 0,139  | 0,159                        |
| 2  | Ekonomi<br><i>Economic</i>          | 68,236  | 67,264         | Cukup<br><i>Fair</i>                                       | 95,33      | 0,137  | 0,972                        |
| 3  | Ekologi<br><i>Ecological</i>        | 61,856  | 60,981         | Cukup<br><i>Fair</i>                                       | 95,22      | 0,137  | 0,875                        |
| 4  | Kelembagaan<br><i>Institutional</i> | 60,215  | 59,511         | Cukup<br><i>Fair</i>                                       | 95,34      | 0,136  | 0,704                        |
| 5  | Teknologi<br><i>Technology</i>      | 77,325  | 75,187         | Baik<br><i>Good</i>  | 95,39      | 0,136  | 2,138                        |

725

52



726

727 Gambar 11. *Spider-web* indeks keberlanjutan antardimensi dengan pendekatan RAPFISH pada  
728 budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi

729 *Figure 11. Spider-web of sustainability index among dimensions using the RAPFISH approach*  
730 *in **Penaeus vannamei** culture in Ujung Genteng, Sukabumi*

731

### 732 Analisis Keberlanjutan

733 Selain dinilai dari setiap dimensi, keberlanjutan juga dapat dinilai dari semua dimensi

734 (multidimensi). Muhsoni *et al.* (2021) melakukan analisis keberlanjutan multidimensi dengan

735 mengambil atribut yang paling tinggi nilai *leverage*-nya dari setiap dimensi dan

736 memasukkannya ke dalam RAPFISH. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa keberlanjutan

737 pengembangan kawasan budidaya tambak udang, dengan nilai indeks 49,95, kurang 0,05 untuk

1 738 batas bawah kategori cukup. Nilai RSQ di atas 80% dan nilai *stress* kurang dari 0,25 yang

739 berarti model yang digunakan sudah sesuai. Sementara dari Monte Carlo diperoleh bagan sebar

17 740 yang menumpuk pada nilai indeks sehingga dapat dikatakan bahwa nilai indeks tersebut valid.

741 Berdasarkan hasil analisis *leveraging*, diperoleh bahwa atribut yang paling sensitif atau yang

742 paling berpengaruh bagi keberlanjutan budidaya udang di tambak adalah atribut sosial seperti

743 semangat gotong royong, hubungan dengan pemerintah, minat meningkatkan usaha, kedekatan

744 antarpetambak serta tren jumlah petambak.

745 Berdasarkan hasil analisis keberlanjutan melalui RAPFISH, pengelolaan budidaya

746 tambak udang (*Penaeus vannamei*) di kawasan Ujung Genteng, Sukabumi, belum berkelanjutan

747 secara baik. Kategori keberlanjutannya secara umum tergolong cukup, bahkan dari dimensi  
 748 kelembagaan dan secara multidimensi masih tergolong kurang. Hal tersebut didukung oleh tiga  
 749 indikator (RSQ, *stress*, dan bagan sebar Monte Carlo). Untuk lebih meyakinkan, validitas hasil  
 750 analisis juga dapat diukur dari selisih antara nilai indeks keberlanjutan dan nilai Monte Carlo,  
 751 di mana semakin kecil selisihnya, maka semakin baik validitasnya (Tabel 8).

752  
 753 Tabel 8. Perbandingan (perbedaan) nilai indeks hasil MDS-RAP dan Monte Carlo dengan  
 754 pendekatan RAPFISH pada budidaya *Penaeus vannamei* di kawasan Ujung  
 755 Genteng, Sukabumi  
 756 *Table 8. Comparison (differences) of index values between MDS-RAP results and Monte Carlo*  
 757 *using the RAPFISH approach in **Penaeus vannamei** culture in Ujung Genteng,*  
 758 *Sukabumi*

| No | Dimensi<br><i>Dimension</i>             | MDS-RAP | Monte Carlo | Selisih<br><i>Difference</i> |
|----|---|---------|-------------|------------------------------|
| 1  | Sosial<br><i>Social</i>                 | 54,29   | 54,07       | 0,22                         |
| 2  | Ekonomi<br><i>Economic</i>              | 52,89   | 53,31       | 0,42                         |
| 3  | Ekologi<br><i>Ecological</i>            | 57,17   | 56,30       | 0,87                         |
| 4  | Kelembagaan<br><i>Institutional</i>     | 44,89   | 45,59       | 0,70                         |
| 5  | Teknologi<br><i>Technology</i>          | 55,13   | 54,80       | 0,33                         |
| 6  | Multidimensi<br><i>Multidimensional</i> | 49,95   | 49,93       | 0,02                         |

759

760 Dari Tabel 8, dapat dinilai bahwa selisih antara nilai indeks keberlanjutan hasil analisis  
 761 MDS-RAP (RAPFISH) dan Monte Carlo sangat kecil, semuanya kurang dari 1. Menurut  
 762 Ariandi dan Mukti (2023), jika selisih nilai indeks keberlanjutan hasil ordinasi (MDS) dan  
 763 Monte Carlo kecil atau sekitar 1, maka nilai indeks tersebut dapat diterima. Kecilnya selisih  
 764 atau perbedaan tersebut menunjukkan beberapa hal, yaitu relatif kecilnya kesalahan pada saat  
 765 pembuatan skor pada atribut, relatif kecilnya pengaruh opini terhadap perbedaan pemberian  
 766 skor, stabilnya hasil analisis setelah dilakukan pengulangan, dan bebas dari kesalahan pada saat

767 *input data* (Muhsoni *et al.*, 2021). Hal ini karena proses dan hasil analisis keberlanjutan penting  
768 untuk diyakini kebenaran (validitas) dan keandalannya (reliabilitas).

769 Pada dimensi teknologi, penggunaan teknologi *nanobubble* yang diterapkan dalam  
770 sistem budidaya tambak udang kawasan Ujung Genteng, Sukabumi, cukup efektif dalam  
771 menjaga kualitas air tambak. Dengan meningkatkan kadar oksigen terlarut dan menurunkan  
772 konsentrasi polutan, *nanobubble* mampu mengurangi risiko penyakit pada udang, terutama  
11 773 yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio* sp. Teknologi ini menunjukkan potensi besar dalam  
774 mendukung keberlanjutan budidaya udang di masa depan.

11 775 Sistem pemberian pakan otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak hanya  
776 meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, tetapi juga membantu mengurangi *stress* pada  
61 777 udang yang dapat disebabkan oleh pemberian pakan yang tidak teratur. Pemberian pakan yang  
778 terukur dan konsisten membantu menjaga keseimbangan nutrisi yang dibutuhkan untuk  
779 pertumbuhan optimal udang.

780 Integrasi teknologi dalam pengelolaan tambak, khususnya melalui penggunaan IoT,  
781 memberikan kemudahan dan efisiensi yang signifikan. *Monitoring* sistem secara *real-time*  
782 memungkinkan pengelola tambak untuk melakukan kontrol dari jarak jauh, sehingga intervensi  
11 783 manual dapat diminimalkan. Selain itu, penggunaan energi surya sebagai sumberdaya  
784 menunjukkan bahwa sistem teknologi ini tidak hanya efisien tetapi juga ramah lingkungan,  
11 785 sejalan dengan tren menuju penggunaan energi terbarukan dalam berbagai sektor industri.  
786 Pengembangan tambak udang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kesejahteraan  
787 masyarakat lokal dan kontribusi ekonomi daerah. Namun, untuk mencapai keberlanjutan,  
788 diperlukan pendekatan yang holistik yang mencakup aspek sosial, ekonomi, ekologi,  
789 kelembagaan, regulasi, dan kebijakan serta integrasi teknologi modern seperti *nanobubble*,  
790 *automatic feeder*, energi surya, dan IoT.

791

## 792 KESIMPULAN

793 Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa optimalisasi tambak udang di kawasan  
794 Ujung Genteng, Sukabumi, melalui pendekatan yang terintegrasi antara aspek sosial, ekonomi,  
795 ekologi, kelembagaan, dan teknologi menawarkan jalan menuju keberlanjutan yang holistik.  
796 Dengan mengadopsi teknologi seperti *nanobubble*, *automatic feeder*, energi surya, dan IoT  
797 serta memastikan pemberdayaan masyarakat dan kelembagaan dalam kawasan, budidaya  
798 tambak udang dapat berkembang secara efisien, ramah lingkungan, dan memberikan manfaat  
799 maksimal bagi seluruh pemangku kepentingan. Integrasi teknologi mampu meningkatkan  
800 produktivitas tambak udang super intensif dengan cara menjaga kualitas air, meningkatkan  
801 efisiensi pemberian pakan serta menurunkan biaya operasional melalui penggunaan energi  
47 802 terbarukan. Sistem ini dapat menjadi solusi inovatif untuk menghadapi tantangan dalam **sektor**  
803 **perikanan budidaya di era revolusi industri 4.0.**

804 Sebagai langkah lanjut, disarankan agar pengembangan sistem ini terus dilakukan,  
805 terutama dalam pengujian di berbagai kondisi tambak dan jenis budidaya lainnya. Hal ini untuk  
806 memastikan bahwa sistem teknologi ini fleksibel dan adaptif terhadap berbagai situasi.  
807 Kerjasama dengan pihak pemerintah dan sektor swasta juga diperlukan untuk memperluas  
808 implementasi dan komersialisasi teknologi ini kepada masyarakat luas. Selain itu,  
809 pengembangan lebih lanjut dari sistem IoT perlu difokuskan untuk memperluas fitur  
810 *monitoring* dan analisis data, serta mengembangkan teknologi penyimpanan energi yang lebih  
811 efisien untuk mendukung operasional yang lebih berkelanjutan.

812

## 37 813 UCAPAN TERIMA KASIH

814 Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh responden, khususnya para pelaku  
28 815 usaha tambak udang, penyuluh perikanan, serta instansi terkait di Kabupaten Sukabumi, yang  
816 telah memberikan dukungan, informasi, dan partisipasi dalam penelitian ini.

817

818 **KONTRIBUSI PENULIS**

819 KA: **Konseptualisasi**, kurasi data, **analisis formal**, perolehan pendanaan, investigasi,  
820 metodologi, administrasi proyek, penyediaan sumberdaya, dan penulisan – draf asli; DP:  
6 821 **Investigasi, metodologi, dan analisis formal**; AGM: **Supervisi dan investigasi**; M: Kurasi data  
822 dan analisis formal; AK: Penulisan – tinjauan dan penyuntingan

823

824 **PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN DAN PENGGUNAAN KECERDASAN**  
825 **BUATAN**

6 826 **Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan baik finansial maupun pribadi**  
827 **yang berpengaruh terhadap hasil penelitian dalam naskah ini.**

828