

Analisis Pengaruh Padat Penebaran terhadap Produktivitas Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Pertanian Terpadu Minapadi: Kajian Sistematis

Yuli Andriani¹, Achmad Syauqibik^{*2}

¹Program Studi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Program Studi Magister Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Indonesia

Email: ¹yuliandriani@unpad.ac.id, ²achmad21004@mail.unpad.ac.id

Abstrak

Sistem budidaya minapadi merupakan inovasi pertanian yang mengintegrasikan budidaya padi dan ikan dalam satu lahan sawah, memungkinkan petani mendapatkan hasil panen ganda. Kajian ini bertujuan menganalisis pengaruh padat penebaran terhadap produktivitas ikan nila dalam sistem minapadi di Indonesia. Penelitian menggunakan metode *systematic review* dengan analisis deskriptif komparatif terhadap 25 artikel penelitian yang dipublikasikan pada 2015-2025. Minapadi telah berkembang sejak tahun 1860 di Indonesia dengan tiga variasi sistem: penyalang, tumpang sari, dan palawija. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menjadi komoditas populer dalam sistem minapadi karena kemampuan adaptasinya yang tinggi, pertumbuhan cepat, dan efisiensi pemanfaatan pakan alami. Studi kasus menunjukkan bahwa kepadatan penebaran optimal bervariasi berdasarkan lokasi, dimana kepadatan rendah (1-2 ekor/m²) menghasilkan tingkat kelangsungan hidup dan bobot individu lebih tinggi, sementara kepadatan tinggi (4-6 ekor/m²) meskipun dengan kelangsungan hidup lebih rendah dapat menghasilkan produksi biomassa total yang lebih besar. Faktor kualitas air, ketersediaan pakan alami, dan interaksi ikan dengan tanaman padi sangat mempengaruhi keberhasilan sistem ini. Pemilihan jenis ikan dan padi yang tepat serta penentuan padat penebaran optimal merupakan kunci untuk memaksimalkan produktivitas dan keuntungan ekonomi dari sistem budidaya minapadi.

Kata Kunci: Ikan Nila, Kelangsungan Hidup, Minapadi, Padat Penebaran, Sistem Budidaya Terintegrasi

Abstract

The minapadi farming system is an agricultural innovation that integrates rice and fish farming in one paddy field, allowing farmers to obtain multiple crop yields. This review aims to analyze the effect of stocking density on tilapia productivity in minapadi systems in Indonesia. The study used systematic review methods with comparative descriptive analysis of 25 research articles published from 2015-2025. Minapadi has developed since 1860 in Indonesia with three system variations: rotation, intercropping, and secondary cropping. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a popular commodity due to its high adaptability, fast growth, and efficient utilization of natural feed. Case studies show that optimal stocking densities vary by location, with low densities (1-2 fish/m²) resulting in higher survival rates and individual weights, while high densities (4-6 fish/m²) produce greater total biomass production despite lower survival rates. Water quality factors, availability of natural food, and fish-rice plant interactions greatly influence system success. The results of this study are useful as recommendations for sustainable minapadi farming practices.

Keywords: Integrated Farming System, Minapadi, Stocking Density, Survival, Tilapia

1. PENDAHULUAN

Sistem budidaya minapadi merupakan inovasi dalam dunia akuakultur yang memungkinkan petani mendapatkan hasil panen ganda berupa padi dan ikan dalam waktu yang relatif sama. Sistem ini telah dikembangkan sebagai upaya untuk mengoptimalkan lahan pertanian yang tersedia sekaligus meningkatkan produktivitas di sektor perikanan dan pertanian. Dalam konteks ketahanan pangan nasional, sistem budidaya minapadi menjadi solusi alternatif yang potensial, terutama mengingat

kebutuhan pangan yang semakin meningkat namun tidak didukung dengan ketersediaan bahan pangan yang memadai (Suryana, 2015).

Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, misalnya, terjadi penurunan produksi padi sebesar 10.409 ton pada tahun 2013-2014 akibat penyusutan lahan persawahan dan serangan hama, sementara produksi perikanan mengalami peningkatan sebanyak 28.930 ton dari tahun 2008 hingga 2012 (BPS, 2015). Kondisi ini menunjukkan potensi integrasi kedua sektor untuk meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Implementasi sistem minapadi diharapkan dapat menjadi solusi efektif untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan pertanian yang semakin terbatas.

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menjadi salah satu komoditas yang sering dipilih untuk dibudidayakan dalam sistem minapadi karena karakteristiknya yang menguntungkan. Ikan nila memiliki kemampuan adaptasi yang sangat baik, pertumbuhan yang cepat, dan biaya produksi yang rendah. Selain itu, ikan nila juga memperoleh perhatian besar dari pemerintah terkait usaha peningkatan gizi masyarakat di negara-negara berkembang. Iskandar *et al.* (2015), menambahkan bahwa ikan nila memiliki potensi untuk menjadi sumber protein hewani yang terjangkau bagi masyarakat dan dapat dikembangkan menjadi komoditas ekspor dalam industri perikanan budidaya.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, budidaya ikan nila dalam sistem minapadi masih menghadapi berbagai tantangan teknis. Anam *et al.* (2017), mengidentifikasi bahwa kematian ikan pada awal penebaran sering terjadi akibat suhu yang tidak stabil, yang menyebabkan ikan membutuhkan oksigen lebih banyak untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Putra (2015), juga menjelaskan bahwa tingkat konsumsi oksigen pada ikan berkaitan erat dengan proses metabolisme dan berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan. Sementara itu, konsentrasi oksigen terlarut dalam proses fisiologis ikan penting, dimana kadar oksigen yang rendah dapat menurunkan nafsu makan dan mengganggu pertumbuhan.

Faktor padat penebaran menjadi variabel penting dalam sistem budidaya minapadi karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi penggunaan lahan dan potensi produksi total. Rohman *et al.* (2023), menyatakan bahwa kepadatan ikan yang optimal dapat memaksimalkan produksi per satuan area. Namun, kepadatan yang terlalu tinggi juga berisiko meningkatkan kompetisi antar individu dan menurunkan kualitas air. Menurut Irawan *et al.* (2019), faktor biotik seperti kepadatan populasi dapat mempengaruhi tingkat kelangsungan hidup ikan. Panjaitan *et al.* (2024), menambahkan bahwa kualitas air yang terjaga, termasuk suhu, pH, kandungan oksigen, dan kadar amonia, sangat penting untuk mendukung metabolisme dan kesehatan ikan, terutama dalam kondisi kepadatan tinggi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, terdapat kebutuhan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh padat penebaran terhadap produktivitas ikan nila dalam sistem minapadi. Kajian yang komprehensif diharapkan dapat menghasilkan panduan teknis yang dapat diaplikasikan secara praktis di lapangan. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh padat penebaran terhadap keberhasilan sistem minapadi ikan nila melalui telaah sistematik terhadap literatur yang dipublikasikan pada periode 2015-2025, serta memberikan rekomendasi praktis untuk optimasi sistem budidaya minapadi di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode *systematic review* yang dilakukan pada bulan Januari-Maret 2025. Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Perikanan, dengan alat utama yang digunakan meliputi komputer, piranti pencarian *online*, perangkat lunak pengolah data, dan printer. Bahan penelitian berupa data yang bersumber dari artikel laporan riset yang di-publish pada rentang waktu 2015 sampai dengan 2025 di jurnal nasional maupun internasional terindeks.

2.1. Sumber Data dan Kriteria Inklusi

Bahan penelitian berupa data yang bersumber dari artikel laporan riset yang dipublikasikan pada rentang waktu 2015 sampai dengan 2025 di jurnal nasional maupun internasional terindeks. Total 25 artikel dianalisis dalam kajian ini.

Kriteria Inklusi:

- Artikel penelitian tentang sistem minapadi dengan ikan nila
- Dipublikasikan pada periode 2015-2025
- Memuat data padat penebaran dan produktivitas ikan
- Tersedia dalam bahasa Indonesia atau Inggris
- Dilakukan di wilayah Indonesia

Kriteria Eksklusi:

- Artikel review tanpa data primer
- Penelitian dengan spesies ikan selain nila
- Data tidak lengkap mengenai padat penebaran

2.2. Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur menggunakan database google scholar, portal garuda, dan database jurnal internasional dengan kata kunci: "minapadi", "ikan nila", "padi", "stocking density", "oreochromis niloticus", "rice-fish farming". Kombinasi kata kunci menggunakan operator boolean (and, or) untuk memperluas cakupan pencarian.

2.3. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif komparatif dengan fokus pada:

- Definisi dan konsep minapadi
- Sejarah perkembangan minapadi di Indonesia
- Karakteristik biologis ikan nila dalam sistem minapadi
- Studi kasus penerapan sistem minapadi di berbagai lokasi
- Analisis komparatif pengaruh padat penebaran terhadap produktivitas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Budidaya Minapadi di Indonesia

3.1.1. Definisi dan Konsep Dasar Minapadi

Minapadi merupakan sistem usaha tani terintegrasi yang menggabungkan budidaya padi dengan pemeliharaan organisme akuatik, khususnya ikan, dalam satu area persawahan. Sistem ini menerapkan prinsip simbiosis mutualisme dimana tanaman padi dan ikan saling memberikan manfaat dalam satu ekosistem. Keunggulan sistem minapadi terletak pada efisiensi pemanfaatan lahan yang dapat menghasilkan dua komoditas sekaligus dalam satu siklus tanam.



Gambar 1. Ilustrasi sistem minapadi dengan pola tanam jaras legowo yang memungkinkan integrasi budidaya padi dan ikan dalam satu petak sawah dengan pembagian area yang optimal
(Sumber: Hidayat, 2018)

Menurut Kristiana *et al.* (2023), minapadi adalah cara budidaya ikan di antara tanaman padi atau pemeliharaan ikan bersamaan dengan padi. Visasti *et al.* (2024), menambahkan bahwa sistem ini merupakan bentuk tumpang sari yang dirancang untuk mengoptimalkan fungsi lahan pertanian dan

mendapatkan hasil ganda, yaitu panen padi dan ikan. Implementasi sistem minapadi juga berkontribusi terhadap peningkatan biodiversitas di ekosistem sawah melalui kehadiran berbagai organisme akuatik.

Konsep dasar minapadi berkaitan dengan pemanfaatan lahan secara efisien dan berkelanjutan. Dalam implementasinya, pemeliharaan ikan disesuaikan dengan umur tanaman padi sehingga keduanya dapat dipanen pada waktu yang tepat. Sistem ini umumnya mengandalkan pakan alami yang tumbuh sebagai hasil dari proses pemupukan, tanpa pemberian pakan tambahan, dan dikelola secara tradisional.

3.1.2. Sejarah Singkat Perkembangan Minapadi di Indonesia

Sistem minapadi memiliki sejarah panjang dalam praktik pertanian tradisional. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*), (2023), minapadi merupakan sistem budidaya yang terjadi secara alami. Perkembangan sistem minapadi pada awalnya merupakan hasil observasi petani terhadap fenomena alam dimana ikan liar dapat hidup dan berkembang di area persawahan. Pada zaman dahulu, budidaya padi masih sangat sederhana dan ikan dari sungai secara alami masuk ke saluran irigasi kemudian hidup di lahan persawahan sampai padi dipanen.

Sistem minapadi diperkirakan berasal dari China yang telah dilaksanakan sekitar tahun 1700 ketika para petani memiliki bibit ikan berlebihan yang kemudian dilepaskan di area persawahan. Di Indonesia sendiri, sistem minapadi telah dilakukan sekitar tahun 1860 di Ciamis, Jawa Barat dan pada tahun 1934 sistem ini mulai dikenalkan di seluruh daerah di luar Jawa (Abdulrachman *et al.*, 2015). Penyebaran sistem minapadi di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup lambat karena masih terbatasnya pengetahuan teknis dan dukungan pemerintah pada masa tersebut.

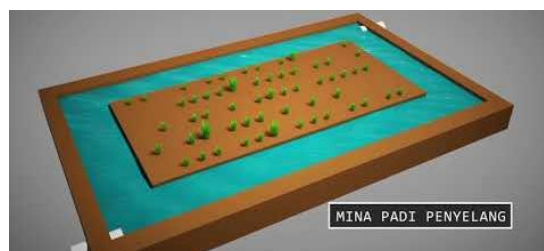
Perkembangan sistem minapadi di Indonesia diketahui disebarkan oleh para imigran China yang pindah ke Indonesia pada abad dinasti Han. Namun, pada tahun 1974-1979 petani Indonesia masih belum bisa mengadopsi sistem baru tersebut sehingga produktivitas yang dihasilkan mengalami penurunan. Kemudian untuk pembahasan lebih detail, pada tahun 1993 diadakan seminar interaksi ikan pada lahan sawah (Siregar *et al.*, 2020). Kata "mina padi" sendiri diadopsi dari kata Sansekerta, di mana kata "mina" berarti ikan dan "padi" berarti tanaman padi itu sendiri, sehingga memudahkan masyarakat dalam memberi informasi bahwa minapadi merupakan budidaya padi yang digabungkan dengan budidaya perikanan (Amalia & Rosyid, 2022).

3.1.3. Variasi Sistem Minapadi di Indonesia

Berdasarkan penelitian Badriyah *et al.* (2020), terdapat tiga sistem minapadi yang dikembangkan di Indonesia:

3.1.3.1. Sistem Penyelang

Sistem penyelang adalah metode budidaya minapadi dimana padi dan ikan ditanam secara bergantian pada lahan yang sama. Setelah panen padi, lahan digunakan untuk memelihara ikan, dan setelah panen ikan, lahan digunakan kembali untuk menanam padi, sehingga terjadi pergiliran antara budidaya padi dan ikan. Sistem ini memungkinkan pemanfaatan lahan yang optimal sepanjang tahun dengan meminimalkan risiko kegagalan panen karena tidak ada kompetisi langsung antara kedua komoditas.



Gambar 2. Sistem minapadi penyelang yang menunjukkan rotasi penggunaan lahan antara budidaya padi dan ikan secara bergantian untuk mengoptimalkan produktivitas lahan sepanjang tahun.
(Sumber: Mata Indonesia, 2017)

3.1.3.2. Sistem Tumpang Sari

Sistem tumpang sari merupakan metode budidaya padi dan ikan secara bersamaan dalam satu lahan, dengan pembuatan caren (parit) keliling selebar 40-100 cm dan caren penampung berukuran 1x2 m dengan kedalaman 50-75 cm, serta pembuatan kolam dalam berukuran 0,8-1 m. Sistem ini memungkinkan interaksi saling menguntungkan antara padi dan ikan. Keuntungan utama sistem tumpang sari adalah terciptanya simbiosis mutualisme dimana ikan memberikan nutrisi melalui kotorannya untuk tanaman padi, sementara padi memberikan naungan dan perlindungan bagi ikan.



Gambar 3. Sistem minapadi tumpang sari yang memungkinkan budidaya padi dan ikan secara simultan dengan pembagian zona budidaya yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing komoditas.

(Sumber: Mata Indonesia, 2017)

3.1.3.3. Sistem Palawija

Sistem palawija adalah teknik budidaya minapadi dimana ikan dipelihara di sawah setelah panen padi dan sebelum musim tanam berikutnya, biasanya bersamaan dengan penanaman tanaman palawija. Sistem ini memanfaatkan masa bera sawah untuk budidaya ikan, sehingga meningkatkan produktivitas lahan tanpa mengganggu produksi padi. Implementasi sistem palawija memberikan keuntungan ekonomi tambahan bagi petani karena dapat menghasilkan tiga komoditas berbeda dalam satu siklus tanam.

3.2. Karakteristik Biologis Ikan Nila dalam Sistem Minapadi

3.2.1. Adaptasi Ikan Nila pada Sistem Minapadi

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan kemampuan adaptasi yang sangat baik pada sistem minapadi. Adaptasi ini mencakup berbagai aspek fisiologis dan perilaku yang memungkinkan ikan nila bertahan dalam kondisi lingkungan sawah yang dinamis. Kemampuan adaptasi yang luar biasa ini menjadikan ikan nila sebagai spesies unggulan untuk dikembangkan dalam sistem minapadi di berbagai kondisi agroekosistem.

Spesies ini mampu bertahan dalam kondisi perairan dangkal sawah dengan fluktuasi suhu harian, dan dapat memanfaatkan berbagai sumber makanan alami yang tersedia di ekosistem sawah seperti plankton, perifiton, serangga air, dan sisa-sisa pupuk organik. Kemampuan ikan nila untuk beradaptasi dengan lingkungan yang memiliki kadar oksigen rendah, terutama di pagi hari, menjadi keunggulan dalam sistem minapadi dimana konsentrasi oksigen dapat bervariasi akibat respirasi tanaman padi dan mikroorganisme (Anam *et al.*, 2017).

Selain itu, ikan nila memiliki toleransi tinggi terhadap pestisida organik yang mungkin digunakan pada tanaman padi, serta mampu menyesuaikan diri dengan perubahan kedalaman air yang terjadi selama siklus pertumbuhan padi. Adaptasi perilaku ikan nila juga terlihat dari kemampuannya mencari perlindungan di parit atau caren pada saat kondisi ekstrem seperti suhu tinggi di siang hari atau ketika petani melakukan perawatan padi. Karakteristik pertumbuhan ikan nila yang relatif cepat dengan tingkat konversi pakan yang efisien juga menjadikannya pilihan ideal untuk sistem minapadi, karena dapat dipanen bersamaan dengan atau sebelum panen padi (Puri *et al.*, 2020).

3.2.2. Interaksi Ikan Nila dengan Tanaman Padi

Interaksi ikan nila dengan tanaman padi menciptakan hubungan simbiosis mutualisme yang menguntungkan kedua organisme. Hubungan ini menjadi kunci keberhasilan sistem minapadi dalam mengoptimalkan produktivitas lahan pertanian. Keseimbangan ekosistem yang terbentuk dari interaksi ini menciptakan lingkungan yang stabil dan produktif untuk kedua komoditas.

Ikan nila berperan sebagai pengendali biologis dengan memakan larva serangga dan siput yang berpotensi menjadi hama padi, sehingga mengurangi kebutuhan pestisida. Ikan juga menghasilkan kotoran yang menjadi pupuk organik bagi tanaman padi, meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan padi. Pergerakan ikan di sekitar perakaran padi membantu menghancurkan struktur tanah, meningkatkan aerasi pada akar padi, dan menstimulasi pelepasan nutrisi dari sedimen ke dalam air (Pratiwi & Sugianto, 2019).

Sebaliknya, tanaman padi menyediakan lingkungan yang menguntungkan bagi ikan nila. Batang dan akar padi menjadi tempat berlindung dari predator dan sinar matahari langsung, serta berperan sebagai substrat bagi pertumbuhan perfiton yang menjadi sumber makanan alami ikan. Tanaman padi juga membantu menstabilkan kualitas air dengan menyerap kelebihan nitrogen dan fosfor, serta menghasilkan oksigen melalui fotosintesis yang bermanfaat bagi kehidupan ikan. Eksudat akar padi mengandung senyawa organik yang merangsang pertumbuhan mikroorganisme yang juga menjadi makanan bagi ikan nila (Pratiwi & Sugianto, 2019).

3.2.3. Pola Makan dan Tingkah Laku Ikan Nila di Sawah

Ikan nila di ekosistem sawah menunjukkan pola makan omnivora dengan kemampuan beradaptasi tinggi terhadap ketersediaan pakan alami. Pola makan ini sangat dipengaruhi oleh dinamika ekosistem sawah yang berubah seiring dengan fase pertumbuhan tanaman padi. Fleksibilitas pola makan ikan nila menjadi kunci keberhasilan budidaya dalam sistem minapadi karena mampu memanfaatkan berbagai sumber nutrisi yang tersedia secara alami.

Ikan nila memakan berbagai organisme mikro seperti fitoplankton, zooplankton, dan perfiton yang tumbuh pada batang padi dan substrat lainnya. Ikan nila juga memangsa larva serangga, cacing, siput kecil, dan detritus organik yang tersedia di dasar sawah. Pola makan ikan nila bervariasi sepanjang hari, dengan aktivitas makan yang lebih intensif pada pagi dan sore hari saat suhu air optimal. Kemampuannya memanfaatkan berbagai sumber makanan alami mengurangi kebutuhan pakan tambahan dan menekan biaya Produksi (Lorensa, 2023).

Tingkah laku ikan nila di sawah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan fase pertumbuhan padi. Pada awal tanam padi ketika air relatif dalam, ikan nila aktif berenang di seluruh area sawah. Seiring pertumbuhan padi dan pengurangan kedalaman air, ikan cenderung berkonsentrasi di parit (caren) yang lebih dalam. Ikan nila menunjukkan perilaku teritorial terutama saat masa pemijahan, dengan jantan dewasa membuat cekungan di dasar untuk menarik betina. Mereka juga memperlihatkan respons cepat terhadap perubahan lingkungan, seperti bergerak ke area yang lebih dalam saat suhu meningkat atau kualitas air menurun. Kemampuan adaptasi perilaku ini memungkinkan ikan nila bertahan hidup dalam kondisi sawah yang dinamis (Badriyah *et al.*, 2020).

3.3. Studi Kasus Budidaya Minapadi

Penerapan sistem minapadi ikan nila di berbagai lokasi di Indonesia menunjukkan variasi hasil yang signifikan, terutama terkait dengan pengaruh padat penebaran terhadap produktivitas sistem. Analisis terhadap berbagai studi kasus memberikan gambaran komprehensif mengenai optimasi padat penebaran dalam sistem minapadi. Adapun penerapan sistem minapadi ikan nila di beberapa lokasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Studi Kasus Penerapan Sistem Minapadi di Indonesia

No.	Padat Penebaran (ekor/m ²)	Luas Petak (m ²)	Sistem	Tingkat Kelangsungan Hidup (%)	Bobot Ikan per Ekor (g)	Bobot Ikan per Petak (g)	Produksi Biomassa Ikan	Lokasi	Referensi
1.	1	100	Jajar Legowo	65,27	68,79	639,33	-	Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang, Jawa Timur	(Pratiwi & Sugianto, 2019)
2.	2	100	Jajar Legowo	54,51	68,37	542,25	-	Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang, Jawa Timur	(Pratiwi & Sugianto, 2019)
3.	3	100	Jajar Legowo	46,06	65,27	536,67	-	Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang, Jawa Timur	(Pratiwi & Sugianto, 2019)
4.	1,25	800	-	90,00	-	-	0,21 kg/m ²	Desa Kandhangan, Kecamatan Sayegan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta	(Anam <i>et al.</i> , 2017)
5.	0,61	36	Tegel dan Jajar Legowo	88,38	-	2966,52	-	Desa Cendana Hitam Timur, Kecamatan Tomoni Timur, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan	(Murtika <i>et al.</i> , 2022)
6.	0,77	36	Tegel dan Jajar Legowo	84,52	-	3099,76	-	Desa Cendana Hitam Timur, Kecamatan Tomoni Timur, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan	(Murtika <i>et al.</i> , 2022)
7.	1	36	Tegel dan Jajar Legowo	87,35	-	3344,04	-	Desa Cendana Hitam Timur, Kecamatan Tomoni Timur, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan	(Murtika <i>et al.</i> , 2022)
8.	3-8	330,75	-	-	-	65,86	-	Dusun Karangkamulyan, Cintakarya, Parigi, Pangandaran, Jawa Barat	(Kristiana <i>et al.</i> , 2023)
9.	2	240	-	78,44	-	-	9,93 kg	Desa Soropadan, Kecamatan Pringsurat, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	(Nugroho <i>et al.</i> , 2017)
10.	4	240	-	65,05	-	-	20,22 kg	Desa Soropadan, Kecamatan Pringsurat, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	(Nugroho <i>et al.</i> , 2017)
11.	6	240	-	62,67	-	-	31,42 kg	Desa Soropadan, Kecamatan Pringsurat, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah	(Nugroho <i>et al.</i> , 2017)

3.3.1. Analisis Pengaruh Padat Penebaran terhadap Kelangsungan Hidup

Analisis data komprehensif dari berbagai lokasi penelitian menunjukkan pola yang sangat konsisten bahwa peningkatan padat penebaran berbanding terbalik dengan tingkat kelangsungan hidup ikan nila dalam sistem minapadi. Hubungan negatif ini terlihat jelas dari hasil penelitian di Desa Bedali, dimana kepadatan penebaran 1 ekor/m² menghasilkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi sebesar 65,27%. Seiring dengan peningkatan kepadatan menjadi 2 ekor/m² dan 3 ekor/m², tingkat kelangsungan hidup menurun secara progresif menjadi 54,51% dan 46,06% (Pratiwi & Sugianto, 2019).

Konfirmasi terhadap pola ini juga ditemukan pada penelitian di Desa Soropadan yang menunjukkan tren penurunan kelangsungan hidup yang serupa. Pada kepadatan 2 ekor/m², tingkat kelangsungan hidup mencapai 78,44%, namun menurun menjadi 65,05% pada kepadatan 4 ekor/m² dan 62,67% pada kepadatan 6 ekor/m² (Nugroho *et al.*, 2017). Penurunan ini menunjukkan bahwa peningkatan kepadatan secara linear tidak selalu menghasilkan penurunan kelangsungan hidup yang proporsional, tetapi tetap menunjukkan tren negatif yang signifikan.

Fenomena penurunan kelangsungan hidup pada kepadatan tinggi dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme biologis dan ekologis yang saling berinteraksi. Kompetisi yang intensif terhadap oksigen terlarut menjadi faktor utama, karena peningkatan jumlah ikan dalam ruang terbatas menyebabkan konsumsi oksigen yang melebihi kapasitas pasokan sistem. Selain itu, kompetisi terhadap pakan alami yang tersedia di lingkungan sawah, seperti plankton, serangga air, dan detritus organik, menjadi semakin ketat sehingga menyebabkan sebagian ikan mengalami malnutrisi dan stress yang berujung pada kematian.

3.3.2. Analisis Pengaruh Padat Penebaran terhadap Pertumbuhan Individual

Parameter bobot ikan per ekor menunjukkan bahwa kepadatan penebaran yang lebih rendah secara konsisten menghasilkan pertumbuhan individual yang superior dibandingkan kepadatan tinggi. Data dari penelitian di Desa Bedali memperlihatkan bahwa kepadatan 1 ekor/m² menghasilkan bobot rata-rata tertinggi sebesar 68,79 g, yang sedikit lebih tinggi dibandingkan kepadatan 2 ekor/m² (68,37 g) dan menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan dengan kepadatan 3 ekor/m² (65,27 g). Meskipun perbedaan antara kepadatan 1 dan 2 ekor/m² relatif kecil, tren penurunan bobot individual dengan meningkatnya kepadatan tetap terlihat jelas.

Validasi terhadap temuan ini diperoleh dari penelitian Murtika *et al.* (2022), yang menunjukkan korelasi positif antara peningkatan kepadatan moderat dengan produktivitas total. Peningkatan kepadatan dari 0,61 ekor/m² hingga 1 ekor/m² menghasilkan peningkatan bobot total per petak dari 2.966,52 g menjadi 3.344,04 g, menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk optimasi pada rentang kepadatan rendah hingga sedang. Namun, data ini juga mengindikasikan adanya titik optimal dimana peningkatan kepadatan lebih lanjut akan mulai memberikan diminishing returns terhadap produktivitas.

Fenomena pertumbuhan individual yang menurun pada kepadatan tinggi dapat dijelaskan melalui konsep *carrying capacity* dan kompetisi intraspesifik. Pada kepadatan tinggi, setiap individu ikan harus bersaing lebih intensif untuk mendapatkan sumber daya terbatas seperti pakan alami, ruang gerak, dan oksigen terlarut. Stres akibat kompetisi dan kepadatan yang berlebihan juga dapat mengganggu proses fisiologis normal seperti metabolisme, pencernaan, dan sistem imun, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap laju pertumbuhan individual (Kusumawati, 2018).

3.3.3. Analisis Produktivitas Biomassa Total

Meskipun kepadatan tinggi terbukti menurunkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan individual, analisis produktivitas biomassa total menunjukkan pola yang kontras dan memberikan perspektif berbeda dalam evaluasi efisiensi sistem minapadi. Data dari penelitian di Desa Soropadan secara mengejutkan menunjukkan bahwa kepadatan tertinggi 6 ekor/m² menghasilkan produksi biomassa total tertinggi sebesar 0,131 kg/m², diikuti oleh kepadatan 4 ekor/m² (0,084 kg/m²) dan kepadatan 2 ekor/m² (0,041 kg/m²) (Nugroho *et al.*, 2017). Pola ini menunjukkan bahwa kerugian akibat penurunan kelangsungan hidup dan pertumbuhan individual dapat dikompensasi oleh peningkatan jumlah individu yang ditebar.

Temuan ini mengindikasikan adanya *trade-off* yang kompleks antara kualitas dan kuantitas dalam sistem budidaya minapadi. Meskipun terjadi penurunan performa individual pada kepadatan tinggi, total biomassa yang dapat diproduksi per satuan luas tetap menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini terjadi karena efek kompensasi dimana peningkatan jumlah individu mampu mengimbangi penurunan bobot per individu, sehingga menghasilkan output total yang lebih tinggi.

Implikasi praktis dari temuan ini sangat penting dalam konteks optimasi ekonomi budidaya minapadi, terutama dalam situasi dimana lahan budidaya menjadi faktor pembatas utama. Produktivitas biomassa total yang lebih tinggi pada kepadatan tinggi dapat memberikan keuntungan ekonomi jangka pendek yang lebih besar, meskipun harus mempertimbangkan risiko dan biaya tambahan yang mungkin timbul akibat tingkat mortalitas yang lebih tinggi (Jamil *et al.*, 2024). Namun, pendekatan ini memerlukan evaluasi lebih lanjut terhadap aspek keberlanjutan jangka panjang dan dampaknya terhadap kualitas lingkungan budidaya.

3.4. Diskusi Kritis dan Implikasi Praktis

3.4.1. Optimasi Padat Penebaran untuk Keberlanjutan

Penerapan kepadatan tinggi dalam sistem minapadi memang dapat menghasilkan biomassa total yang lebih besar dalam jangka pendek. Namun, dampak jangka panjang terhadap kualitas air dan kesehatan ikan harus menjadi pertimbangan utama dalam penentuan strategi budidaya. Kepadatan yang berlebihan dapat memicu akumulasi limbah organik berlebih, penurunan drastis konsentrasi oksigen terlarut, dan peningkatan signifikan risiko wabah Penyakit (Munaeni *et al.*, 2024).

Kualitas air merupakan faktor pembatas kritis yang menentukan keberhasilan sistem minapadi, terutama pada kondisi kepadatan tinggi. Panjaitan *et al.* (2024), menekankan bahwa parameter kualitas air seperti suhu, pH, kandungan oksigen terlarut, dan kadar amonia harus dijaga dalam rentang optimal untuk mendukung metabolisme dan kesehatan ikan. Ketidakseimbangan parameter-parameter tersebut dapat menyebabkan stres fisiologis pada ikan yang berujung pada penurunan produktivitas dan tingkat kelangsungan hidup.

Oleh karena itu, optimasi padat penebaran harus dilakukan dengan pendekatan yang mempertimbangkan daya dukung lingkungan secara komprehensif. Penentuan kepadatan optimal perlu mempertimbangkan kapasitas sistem dalam mempertahankan kualitas air yang mendukung pertumbuhan dan kesehatan ikan. Strategi ini akan memastikan keberlanjutan produksi dalam jangka panjang sekaligus meminimalkan risiko kerugian akibat kematian massal atau penurunan kualitas produk.

3.4.2. Variabilitas Lokasi dan Kondisi Lingkungan

Analisis komparatif dari berbagai studi kasus menunjukkan adanya variabilitas hasil yang sangat signifikan antar lokasi budidaya. Penelitian di Desa Kandhangan berhasil mencapai tingkat kelangsungan hidup 90% pada kepadatan 1,25 ekor/m², angka yang jauh lebih tinggi dibandingkan lokasi lain dengan kepadatan penebaran yang serupa. Perbedaan mencolok ini mengindikasikan bahwa faktor lingkungan lokal seperti kualitas air, ketersediaan pakan alami, dan kondisi iklim mikro memiliki pengaruh determinan terhadap keberhasilan sistem minapadi (Anam *et al.*, 2017).

Murtinah & Putra (2024), menjelaskan bahwa variasi kondisi tanah, karakteristik sumber air, dan praktik pengelolaan yang berbeda antar lokasi menyebabkan respons yang bervariasi terhadap padat penebaran yang sama. Faktor-faktor seperti tekstur tanah, kandungan bahan organik, pH tanah, dan kualitas air irigasi sangat mempengaruhi kemampuan sistem dalam mendukung kehidupan ikan. Perbedaan praktik pengelolaan, termasuk frekuensi pergantian air, pemberian pakan tambahan, dan pengendalian hama penyakit, juga berkontribusi terhadap variabilitas hasil yang diamati.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa penentuan padat penebaran optimal tidak dapat diterapkan secara universal tanpa mempertimbangkan kondisi spesifik lokasi budidaya. Setiap lokasi memerlukan penyesuaian dan kalibrasi khusus berdasarkan karakteristik lingkungan lokalnya. Pendekatan adaptif yang mempertimbangkan keunikan setiap lokasi akan menghasilkan strategi pengelolaan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

3.4.3. Aspek Ekonomi dan Keberlanjutan

Dari perspektif ekonomi jangka pendek, penerapan kepadatan tinggi tampak menawarkan keuntungan melalui peningkatan produksi biomassa total per unit area. Pendekatan ini dapat memberikan *return on investment* yang lebih cepat dan meningkatkan profitabilitas dalam periode singkat. Namun, analisis ekonomi jangka panjang menunjukkan bahwa risiko kematian yang lebih tinggi dan potensi degradasi kualitas lingkungan dapat mengancam keberlanjutan sistem dan menimbulkan kerugian ekonomi yang lebih besar (Ramadhan, 2025).

Petani dan praktisi budidaya perlu mempertimbangkan keseimbangan optimal antara maksimalisasi produktivitas dan keberlanjutan sistem secara holistik. Pendekatan yang terlalu berorientasi pada pencapaian produktivitas maksimal dalam jangka pendek dapat mengorbankan stabilitas ekosistem sawah dan mengurangi manfaat jangka panjang dari sistem minapadi (Suwardike & Prabawa, 2024). Degradasi lingkungan yang terjadi akibat eksploitasi berlebihan dapat memerlukan biaya pemulihan yang tinggi dan periode *recovery* yang panjang.

Strategi ekonomi yang berkelanjutan harus mengintegrasikan analisis *cost-benefit* jangka panjang yang mencakup aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Investasi dalam teknologi dan praktik pengelolaan yang mendukung keberlanjutan, meskipun memerlukan modal awal yang lebih besar, akan memberikan keuntungan jangka panjang yang lebih stabil dan mengurangi risiko kerugian. Pendekatan ini akan memastikan viabilitas ekonomi sistem minapadi sebagai alternatif budidaya yang menguntungkan dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan *systematic review* terhadap 25 artikel penelitian, ditemukan bahwa padat penebaran memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas ikan nila dalam sistem minapadi dengan pola yang konsisten. Kepadatan rendah 1-2 ekor/m² menghasilkan tingkat kelangsungan hidup tertinggi (65,27-78,44%) dan bobot individu optimal (68,37-68,79 g), sementara kepadatan tinggi 4-6 ekor/m² meskipun menurunkan kelangsungan hidup (62,67-65,05%) mampu menghasilkan produksi biomassa total tertinggi hingga 0,131 kg/m².

Hasil signifikan menunjukkan bahwa rentang kepadatan optimal untuk sistem minapadi adalah 2-4 ekor/m², yang memberikan keseimbangan antara kelangsungan hidup ikan dan produksi biomassa total. Pada rentang ini, tingkat kelangsungan hidup masih dapat dipertahankan di atas 65% dengan produksi biomassa yang ekonomis.

4.1. Rekomendasi Praktis untuk Petani

Petani disarankan untuk menerapkan padat penebaran 2-3 ekor/m² untuk sistem minapadi pemula guna meminimalkan risiko kematian massal dan memaksimalkan keuntungan ekonomi. Untuk petani berpengalaman dengan sistem pengelolaan kualitas air yang baik, kepadatan 4 ekor/m² dapat diterapkan untuk meningkatkan produksi biomassa total. Pemilihan kepadatan harus disesuaikan dengan kondisi lahan, ketersediaan air, dan kemampuan pengelolaan masing-masing petani.

4.2. Keterbatasan Studi

Studi ini memiliki keterbatasan berupa variasi signifikan hasil antar lokasi penelitian. Hal ini dikarenakan tingkat kelangsungan hidup pada kepadatan serupa dapat berbeda hingga 25% antara lokasi. Perbedaan kondisi lingkungan lokal seperti kualitas air, kesuburan tanah, dan praktik pengelolaan menyebabkan rekomendasi kepadatan tidak dapat diterapkan secara universal tanpa penyesuaian spesifik lokasi.

4.3. Saran Penelitian Lanjutan

Penelitian mendatang perlu fokus pada: (1) Pengembangan model prediktif kepadatan optimal berdasarkan parameter kualitas air dan karakteristik lahan spesifik; (2) Kajian jangka panjang mengenai dampak kepadatan tinggi terhadap keberlanjutan ekosistem sawah; dan (3) Analisis ekonomi

komprehensif yang mengintegrasikan biaya produksi, risiko mortalitas, dan fluktuasi harga pasar untuk memberikan panduan kepadatan yang lebih akurat dan menguntungkan secara ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman, A., Wardana, I. P., Widyantoro, Ruskandar, A., Agustiani, N., Margaret, S., Septianingrum, E., Sasmita, P., & Jamil, A. (2015). *Petunjuk Teknis Minapadi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Amalia, N., & Rosyid, A. (2022). Implementasi Sistem Mina Padi dalam Meningkatkan Kesejahteraan Petani Prespektif Maqashid Syariah (Studi Kasus di Desa Putih Kecamatan Gampingrejo Kabupaten Kediri). *Qawanin Journal of Economic Syariah Law*, 6(2).
- Anam, M. K., Basuki, F., & Widowati, L. L. (2017). Performa Pertumbuhan, Kelulushidupan, dan Produksi Biomassa Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Debit Air yang Berbeda pada Sistem Budidaya Minapadi di Dusun Kandhangan, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 1(1), 52–61.
- Badan Pusat Statistik. (2015). *Produksi Ikan Darat Menurut Jenis Budidaya dan Kabupaten/Kota di D.I. Yogyakarta*. Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta.
- Badriyah, N., Tauhid, H., & Y., R. D. J. (2020). Pendampingan Penerapan Sistem Minapadi dalam Upaya Peningkatan Pendapatan Kelompok Tani di Desa Guci Kabupaten Lamongan. *Jurnal Karya Abdi*, 4(2), 221–227.
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Fish Culture in Rice Fields*. Roma.
- Hidayat, M. N. (2018). Pembesaran Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dengan Sistem Mina Padi Pada Kelompok Ngudi Rejeki, Kec. Tawang Sari, Desa Dalangan, Kab. Sukoharjo. [*Skripsi*]. Sekolah Tinggi Perikanan. Sukoharjo.
- Irawan, D., Sari, S. P., Prasetyono, E., & Syarif, A. F. (2019). Performa Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Seluang (*Rasbora einthovenii*) Pada Perlakuan pH Yang Berbeda. *Journal of Aquatropica Asia*, 4(2), 15–21.
- Iskandar, P., Setiyanto, D. D., & Wahyuningrum, D. (2015). *Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (Oreochromis niloticus) dalam Sistem Resirkulasi*. Universitas Riau.
- Jamil, K., Sukma, R. N., Manurung, U. N., & Putra, A. (2024). *Perikanan dan Kelautan*. PT Media Penerbit Indonesia. Medan.
- Kristiana, I., Prama, E. A., Amir, G. N., Akbarurrasyid, M., Sofian, A., Sudinno, D., Astiyani, W. P., Prajayati, V. T. F., Pietoyo, A., Tarigan, R. R., & Syah, I. F. (2023). Tilapia Aquaculture (*Oreochromis niloticus*) by Using Minapadi System. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(6), 1518–1527.
- Kusumawati, D. E. (2018). Pengaruh Kompetisi Intraspesifik dan Interspesifik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) dan Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Agroradix*, 1(2), 28–33.
- Lorensa, D. A. (2023). Kebiasaan Makanan Ikan Nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), Tertangkap di Perairan Bendungan Bili-Bili Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. [*Skripsi*]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Mata Indonesia. (2017, 05 Oktober). Mata Indonesia 2017 – Mina Padi Dorong Kedaulatan Pangan SEG 2 [Video]. Youtube. https://youtu.be/EhXQfpobJSU?si=UoHaYf_TuK-fJWGW.
- Munaeni, W., Agam, B., Tarigan, N., Hamka, M. S., Saridu, S. A., J. M. A. H., Purnamasari, T., Rumondang, A., Suriyadin, A., Wulan, W. O. S., Fadilah, S., Septiana, S., Setyono, B. D. H., Sumiarsih, Nurhayati, D., & Irawan, H. (2024). *Teknologi Akuakultur*. PT. Kamiya Jaya Aquatic. Ternate.
- Murtika, K., Syam'un, E., & Omar, S. B. A. (2022). Produksi Padi Sawah (*Oriza sativa* L.) Dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) Pada Berbagai Sistem Tanam Dan Kepadatan Ikan Dalam Mina

- Padi. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(10), 15803–15825.
- Murtinah, V., & Putra, M. P. (2024). Morfologi Tanah Tegakan Jati di Kecamatan Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 12(1), 59–68.
- Nugroho, H. B., Basuki, F., & Wisnu A, R. (2017). Pengaruh Padat Penebaran yang Berbeda terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*, Linn. 1758) pada Sistem Budidaya Minapadi. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 6(2), 21–30.
- Panjaitan, R. J. S., Harwanto, D., & Amalia, R. (2024). Pengaruh penggunaan probiotik terhadap kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan patin (*Pangasius* sp.). *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*, 8(2), 218–228.
- Pratiwi, A., & Sugianto, S. (2019). Kajian Penerapan Jarwo pada Sistem Minapadi terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi dan Ikan Nila. *Jurnal Agriekstensi*, 18(1), 48–56.
- Puri, R. A., Afany, M. R., & Peniwiratri, L. (2020). Pengaruh Populasi Ikan Nila terhadap Ketersediaan Hara dan Pertumbuhan Tanaman Padi Sawah pada Sistem Mina Padi di Dusun Biru, Desa Trihanggo, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, D.I Yogyakarta. *Jurnal Tanah Dan Air (Soil and Water Journal)*, 16(85).
- Putra, A. N. (2015). Laju Metabolisme Pada Ikan Nila Berdasarkan Pengukuran Tingkat Konsumsi Oksigen. *Jurnal Akuakultur*, 1(2), 175–187.
- Ramadhan, L. P. (2025). Analisis Deforestasi dan Degradasi Terhadap Lingkungan Hidup. *BELEID: Journal of Administrative Law and Public Policy*, 3(1), 91–109.
- Rohman, R. T., Llii, W., Arief, M. C. W., & Iskandar, I. (2023). Kelangsungan Hidup Ikan Sumatra (*Puntigrus tetrazona*) dalam Transportasi dengan Kepadatan dan Waktu Transportasi yang Berbeda. *Akuatika Indonesia*, 8(2), 96–104.
- Siregar, Z. A., Anggoro, S., Irianto, H. E., & Purnaweni, H. (2020). Minapadi Trend, Need and Sustainability in Indonesia. *E3S Web of Conferences* 202.
- Suryana, A. (2015). *Kebijakan Ketahanan Pangan Nasional*. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Suwardike, P., & Prabawa, P. S. (2024). *Sistem Pertanian Terpadu*. PT Media Penerbit Indonesia. Medan.
- Visasti, K., Kartika, J. G., & Rahayu, M. S. (2024). Produksi Tanaman Cabai Tumpangsari dengan Tanaman Famili Brassicaceae di Cianjur, Jawa Barat. *Buletin Agrohorti*, 12(3), 383–390.