REKAYASA
Journal of Science and Technology
https://journal.trunojoyo.ac.id/rekayasa

Rekayasa, 2021; 14(1): 121-127
ISSN: 0216-9495 (Print)
ISSN: 2502-5325 (Online)

Peningkatan Produksi Pangan Melalui Sistem Integrasi Teknologi *Aquaponic-Recirculating Aquaculture System* (A-RAS) pada Budidaya Ikan Lele di Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban

Yogita Ayu Dwi Susanti[1,2,3,4], Zulkisam Pramudia [1,2,3,4], Abdul Azis Amin[3,4], Lutfi Ni'matus Salamah[3,4], Adi Tiya Yanuar[3,4], Andi Kurniawan[2,3,4]*

[1]Program Magister Budidaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya
[2] Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Brawijaya
[3]Pusat Studi Pesisir dan Kelautan Universitas Brawijaya
[4] Riset Grup *Microbial Resouces and Technology*, *Interdisciplinary*, Pasca Sarjana Universitas Brawijaya
Jl. Veteran Ketawanggede Lowokwaru Kota Malang 65145 Jawa Timur
*andi_k@ub.ac.id

DOI: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10254

ABSTRACT

Aquaponics-Recirculation Aquaculture System (A-RAS) technology combines recirculation systems in aquaculture with aquaponics technology. A-RAS technology can reduce water use in the aquaculture system and maintain water quality to fulfill aquaculture standards. The application of this system makes pond water that has been used for fish farming can be reused. This research used a descriptive analysis method to analyze A-RAS's application to improve food production through A-RAS in Kaliuntu, Tuban, East Java. This study's results showed that temperature during the study ranged from 27.5-30 °C, pH value ranged from 6.8-8.7, and the dissolved oxygen was around 3.1 mg/l. The content of nitrate, nitrite, and ammonia in the A-RAS technology was around 12.5 mg/l, 0-0.5 mg/l, and 0.003-0.09 mg/l, respectively. The application of A-RAS technology can increase the capacity and quality of the harvest of catfish cultivation. Harvest capacity increased from 100 kg to 180-190 kg / pond, the Food Convention Ratio (FCR) decreased from >1.0 to 0.705 and the Survival Rate (SR) increased from < 75% to > 95%. The results showed that the application of A-RAS technology could increase food production in Kaliuntu Village, Tuban Regency.

Keyword: *aquaculture, A-RAS, water quality, catfish*

PENDAHULUAN

Perikanan budidaya merupakan sektor produksi pangan yang paling pesat perkembangannya (Fidyandini *et al.*, 2020). Pengembangan sektor budidaya secara intensif dapat memacu peningkatan perekonomian melalui penyerapan tenaga kerja, peningkatan pendapatan/ kapita masyarakat dan devisa negara serta sebagai sumber protein hewani (Arsanti *et al.*, 2020; Yuniar *et al.*, 2021). Salah satu komoditas budidaya yang mengalami peningkatan yaitu budidaya ikan lele. Budidaya ikan lele memiliki potensi dan prospek yang tinggi untuk dikembangkan dalam bentuk pembenihan maupun pembesaran (Sahuleka *et al.*, 2020; *Sudaryati et al.*, 2017; *Yuniar et al.*, 2021). Namun, peningkatan produksi budidaya ikan lele juga mempunyai dampak pada peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan (Rahmadhani et al., 2020). Oleh karena itu, Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan induksi teknologi pada sistem budidaya yang dilakukan. Induksi teknologi ini bertujuan untuk meminimalisir adanya limbah yang dihasilkan.

Salah satu teknologi budidaya ikan yang dapat digunakan yaitu sistem resirkulasi akuakultur (*Recirculating Aquaculture System*). *Recirculating Aquaculture System* (RAS) merupakan salah satu teknologi akuakultur berkelanjutan yang dapat

Article History:
Received: January 24th 2021; **Accepted**: April, 4th 2021
Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Cite this as:
Susanti, Y.A.D., Pramudia, Z., Amin, A.A., Salamah, L.N., Yanuar, A.T & Kurniawan, A. (2021). Peningkatan Produksi Pangan Melalui Sistem Integrasi Teknologi Aquaponic-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) pada Budidaya Ikan Lele DI Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban. *Rekayasa 14 (1).* 121-127.
doi: https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10254

© 2021 Yogita Ayu Dwi Susanti, Zulkisam Pramudia, Abdul Azis Amin, Lutfi Ni'matus Salamah, Adi Tiya Yanuar, Andi Kurniawan

mengontrol pembuangan limbah di lingkungan serta menjaga kualitas air dalam kolam budidaya (Fauzia & Suseno, 2020). Sistem RAS ini dapat menurunkan kandungan amonia dan nitrit yang beracun bagi ikan. Secara prinsip dasar mekanisme RAS adalah kandungan amonium dikonversi menjadi nitrit dan menjadi nitrat yang rendah racun sehingga air dapat digunakan kembali *(Hapsari et al.*, 2020). Sementara itu penerapan teknologi RAS juga dapat diintegrasikan dengan teknologi akuaponik. Keuntungan dari integrasi teknologi ini yaitu mengurangi kebutuhan air dan mereduksi bahan organik pada proses budidaya (Rahmadhani et al., 2020). Integrasi sistem RAS dan akuaponik ini disebut teknologi *Aquaponic-Recirculating Aquaculture System* (A-RAS).

Teknologi *Aquaponic-Recirculating Aquaculture System* (A-RAS) merupakan teknologi penggabungan antara resirkulasi dalam sistem akuakultur dengan teknologi akuaponik (Deswati *et al*., 2020; Fidyandini *et al*., 2020; Yuniar *et al.*, 2021). Prinsip dasar yang diterapkan yaitu sisa pakan dan kotoran dari sistem budidaya yang berpotensi memperburuk kualitas air akan dimanfaatkan sebagai nutrisi pada tanaman (Lennard, 2020; Sudaryati *et al*., 2017; Yuniar *et al*., 2021). Teknologi A-RAS ini dapat mengurangi penggunaan air dari luar sistem budidaya dan menjaga kualitas air untuk tetap layak bagi proses budidaya perikanan (Chen *et al.*, 2020; Xu & Boyd, 2016; Xue *et al.*, 2017). Penerapan sistem ini membuat air kolam yang telah digunakan untuk budidaya ikan dan telah mengalami penurunan kualitas air dapat digunakan kembali setelah mengalami proses filtrasi dengan tanaman sebagai fitoremidiator (Arsanti *et al.,* 2020; Fauzia & Suseno, 2020; Rahmadhani *et al*., 2020).

Pengembangan proses induksi teknologi ARAS ini dikembangkan di Desa Kaliuntu, Kabupaten Tuban. Mitra dalam pelaksanaan ini adalah Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Sekerta. Kelompok Pembudidaya Ikan (Pokdakan) Sekerta ialah salah salah satu kelompok pembudidaya ikan lele yang menjadi pelopor budidaya yang di Desa Kaliuntu Kecamatan Tuban. Jenis komoditas yang dibudidayakan oleh kelompok ini adalah budidaya ikan lele. Budidaya ikan lele memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sebagai usaha alternatif atau tambahan masyarakat di Desa Kaliuntu. Namun, dalam kegiatan budidaya yang dilakukan pembudidaya mengalami kendala untuk persiapan dan pengolahan air budidaya. Air limbah cenderung dibuang langsung ke sungai. Hal ini berpotensi mencemari lingkungan. Selain itu, pembudidaya memiliki ketrampilan dan pengetahuan yang minim dalam budidaya mengakibatkan tidak memperoleh hasil keuntungan yang maksimal. Pelaksanaan kegiatan pengembangan teknologi ARAS ini melibatkan peran masyarakat. Adanya keterlibatan masyarakat khususnya pemuda turut andil dalam mendorong perkembangan induksi teknologi di masa depan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan peran pemuda dapat berperan dan partisipasi untuk membantu memecahkan permasalahan, penyusunan perencana dan implementasi program yang ada lingkungan (Widyastuty *et al.*, 2019). Proses pengembangan teknologi A-RAS dilakukan dengan melibatkan karang taruna di Desa Kaliuntu, Kecamatan Jenu Kabupaten Tuban dengan kerjasama yang dilakukan dengan PT. Pembangkit Jawa Bali (PJB) UJBOM Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Awar-Awar dengan menggunakan Anggaran Program Kerja *Corporate Social Responsibility* (CSR).

Tujuan dari kegiatan induksi teknologi A-RAS ini adalah meningkatkan produktivitas usaha budidaya perikanan serta peningkatan ketahanan ekonomi dan ketahanan ekologi serta kemandirian penduduk di Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban. Penggunaan teknologi A-RAS ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan budidaya yang dihadapi pembudidaya ikan Lele dan meningkatkan produksi pangan di Desa Kaliuntu.

METODE PENELITIAN

Persiapan Kolam

Kolam yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 4 kolam pembesaran. Jumlah padat tebar masing masing kolam adalah 1500 ekor bibit ikan lele. Total keseluruhan bibit yang ditebar sebanyak 4500 dalam semua kolam. Ukuran kolam yang digunakan dengan diameter sebesar 3 m dan tinggi kolam 1,05 m. Pada kolam budidaya terdapat beberapa pembagian komponen diantaranya kolam budidaya dan *swillfilter*. Wadah budidaya merupakan tempat ikan yang dibudidayakan sedangkan filter merupakan suatu alat yang digunakan untuk menyaring material yang tidak dikehendaki seperti amonia, residu organik, padatan dan bahan kimia lain yang tidak diinginkan. Bak filtrasi terdiri atas tiga bagian yaitu filter fisik, filter biologi dan filter kimia. Susunan ketiga filter ini harus berurutan sesuai dengan proses kimia yang terjadi. Pada bagian filter fisika menerapkan sistem sentrifuga dan bejana berhubungan. Kemudian

kolam diisi dengan air sekitar 40-50 cm dan dilakukan penangan air sebelum bibit ikan lele dimasukan ke kolam. Sementara itu, tanaman di akuaponik menggunakan tanaman kangkung sebagai filter biologi dan tambahan hasil budidaya.

Pengukuran Kualitas Air

Pengamatan kualitas air ini dilakukan untuk mangamati kondisi kualitas air selama proses budidaya. Pengamatan kualitas air ini meliiputi paramter fisika dan kimia yang terdiri dari suhu, kecerahan, pH, oksigen terlarut, nitrat, nitrit, dan amonia. Pengukuran paramter suhu menggunakan termometer. Kecerahan diukur menggunakan *sechi disk*. Parameter pH diukur menggunakan PH-009(I)A. Pengukuran oksigen terlarut (DO) menggunakan DO Meter tipe DO-5509. Pengukuran Nitrat (NO_3^-) menggunakan Test NO_3^- Tetra GnbH Herrenteich 78 D-49304 Melle. Pengukuran Nitrat (NO_2^-) menggunakan Test NO_2^- sera D 52518 Heinsbergn. Pengukuran Amonia (NH_3^+) menggunakan Ammonium/Ammoniak-Test (NH_4/NH_3) sera GmbH D 52518 Heinsbergn.

Analisis Pertumbuhan

Analisis indikator pertumbuhan yang dilakukan terdiri dari analisis kelulushidupan, laju pertumbuhan dan konversi pakan. Adapun persamaan perhitungan adalah sebagai berikut:

a) Kelulushidupan *(Survival Rate)*

Analisis kelulushidupan adalah jumlah yang hidup pada akhir periode relatif dengan jumlah yang hidup pada awal periode (Fidyandini *et al.,* 2020), rumus perhitungan kelulushidupan dapat diketahui dengan persamaan.

$$SR = \frac{Nt}{No} x\ 100\%$$

Keterangan:

SR (Survival rate) : kelulushidupan ikan dalam bentuk persentase (%), N_t adalah jumlah benih ikan hidup pada akhir pemeliharaan (ekor), dan N_0 merupakan jumlah benih ikan pada awal pemeliharaan (ekor).

b) Laju Pertumbuhan *(Grwoth Rate)*

Laju pertumbuhan dinyatakan sebagai perubahan bobot tubuh rata-rata selama percobaan berlangsung, rumus perhitungan laju pertumbuhan dapat diketahui dengan persamaan (Yuniar *et al*., 2021):

$$GR = \frac{Wt + W0}{t}$$

Keterangan:

GR merupakan laju pertumbuhan ikan (g/hari), W_t adalah bobot rata-rata benih pada saat panen (g), W_0 adalah bobot rata-rata benih ikan saat awal percobaan (g) dan t merupakan jumlah hari selama pemeliharaan (hari)

c) Konversi Pakan (*Food Conversion Ratio*)

Nilai rasio konversi pakan merupakan jumlah pakan yang diberikan selama masa pemiliharaan dibandingkan dengan pertambahan biomassa selama masa percobaan (Hermawan *et al*., 2014; Armina *et al,* 2013) rumus untuk menghitung nilai FCR dapat diketahui dengan persamaan *(*Arsanti *et al.,* 2020);

$$FCR = \frac{F}{Wr - Wo}$$

Keterangan:

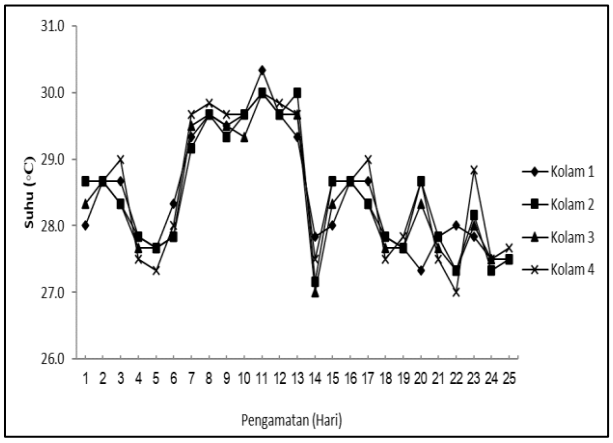
FCR merupakan konversi pakan ikan, F adalag jumlah pakan yang diberikan selama percobaan (g), W_t ialah bobot total ikan pada akhir percobaan (g) dan W_0 bobot total ikan pada awal (g).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kualitas Air

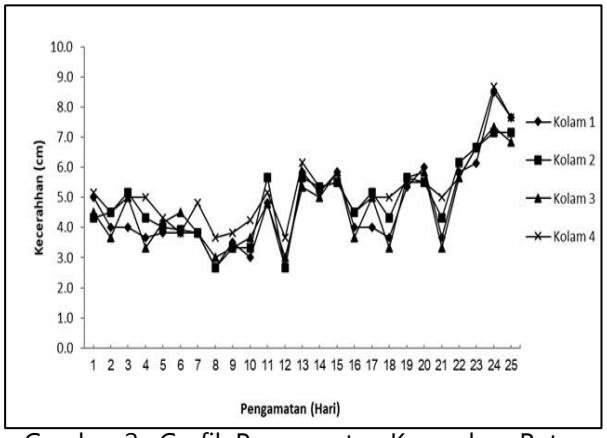
Hasil pengamatan kualitas air dilakukan pada masing masing kolam budidaya. Berdasarkan pengamatan dan perhitungan diperoleh detail data pengukuran rata-rata suhu pada kolam pembesaran dapat dilihat pada Gambar 1**.** Hasil pengukuran suhu diperoleh hasil seperti pada berkisar antara 27,5-30◦C. Kisaran suhu optimum bagi kehidupan ikan lele di perairan tropis adalah antara 28°C-32°C (Deswati *et al.*, 2020).

Kenaikan dan penurunan suhu air sangat mempengaruhi kehidupan organisme akuatik, salah satunya pada kelarutan oksigen (Deswati *et al*., 2020). Apabila semakin tinggi suhu air, maka semakin rendah daya larut oksigen di dalam air, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan pada saat suhu tinggi maka tingkat kebutuhan oksigen untuk akan semakin besar. Sehingga akan menurunkan oksigen yang ada di dalam perairan karena perairan tersebut dalam kondisi yang jenuh. Selain itu juga akan berpengaruh terhadap nafsu makan dan aktifitas metabolisme ikan. Semakin tinggi suhu, maka aktifitas metabolisme juga akan meningkat dan juga menyebabkan nafsu makan ikan juga meningkat.



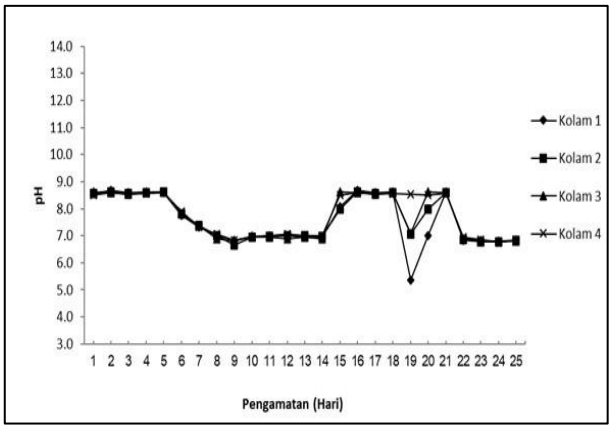
Gambar 1. Grafik Pengamatan Suhu Rata-Rata

Hasil pengamatan parameter rata-rata kecerahan pada kolam dapat dilihat pada Gambar 2. Rata-rata nilai kecerahan berkisar dari 2,7-8,7cm. Kondisi kecerahan yang baik pemeliharaan ikan lele dikolam berkisar dari 3-19 cm (Hermawan *et al*., 2013). Menurut Hermawan *et al.* (2012), menyatakan untuk kondisi kecerahan yang baik pemeliharaan ikan lele dikolam berkisar dari 3-19 cm. Berdasarkan pernyataan tersebut kondisi kecerahan dalam kondisi yang baik. Dengan mengetahui kecerahan suatu perairan, kita dapat mengetahui sampai dimana masih ada kemungkinan terjadinya proses asimilasi dalam air, lapisan-lapisan manakah yang tidak keruh, yang sedikit keruh, dan yang paling keruh. Air yang tidak terlampau keruh dan tidak pula terlampaui jernih baik untuk kehidupan ikan (Kordi, 2007).

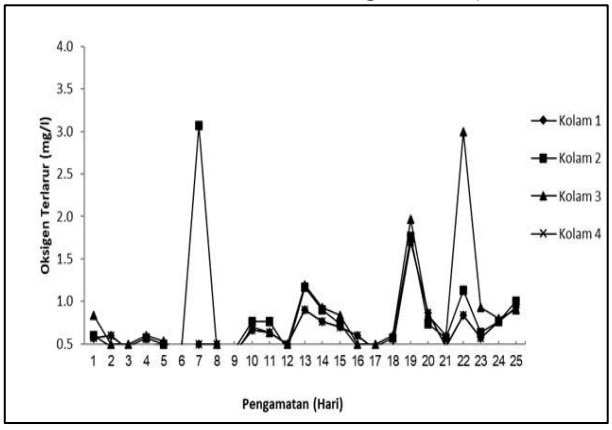


Gambar 2. Grafik Pengamatan Kecerahan Rata-Rata

Hasil pengukuran nilai pH dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai pH rata-rata berkisar antara 6,8-8,7. pH yang ideal untuk budidaya ikan lele yaitu berkisar 6-9, namun untuk pertumbuhan yang optimal untuk budidaya berkisar 6,5-8,5 (Su *et al*., 2020). Nilai pH digunakan untuk melihat laju metabolisme dengan mengendalikan aktivitas enzim. Berdasarkan pernyataan tersebut kondisi pH di kolam ikan lele pokdakan termasuk dalam kondisi yang ideal untuk proses budidaya. Untuk mengatasi naik turunya pH air dapat dilakukan dengan pemberian kapur atau melakukan pemupukan pada kolam.



Gambar 3. Grafik Pengamatan pH

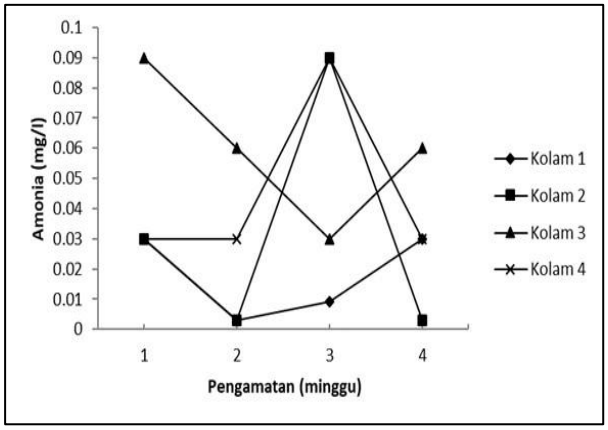


Gambar 4. Grafik Pengamatan Oksigen Terlarut

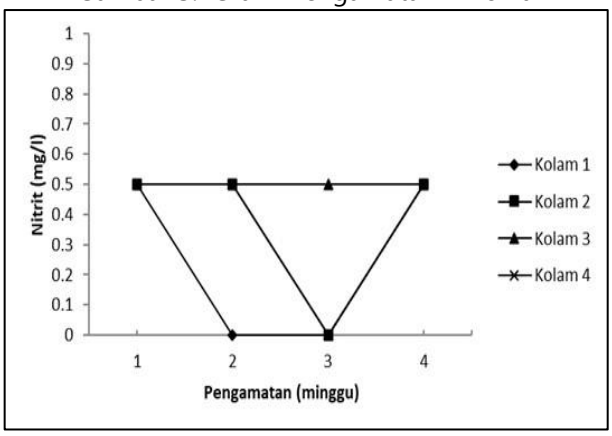
Hasil pengamatan kadar oksigen terlarut dapat pada Gambar 4. Nilai rata-rata oksigen terlarut berkisar dari 0,3 – 3,1 mg/l. Kadar optimal untuk memeroleh produksi ikan secara optimal berkisar 3-5 ppm (Arinta *et al*., 2017). Kebutuhan oksigen ikan bervariasi tergantung jenis, umur dan kondisi alami ikan. Ikan kecil biasanya mengkonsumsi oksigen yang lebih besar dibadingkan ikan dewasa. Penurunan kelarutan oksigen secara kronis dapat menyebabkan stres pada ikan, sehingga meningkatkan peluang infeksi pada ikan (Wicaksono, 2005). Kandungan oksigen akan menurun apabila nilai pH dalam keadan asam. Hal ini terjadi karena proses biota akuatik lebih sensitif terhadap perubahan pH dan cnderung menyukai pH yang basa.

Hasil pengukuran rata-rata nitrat, nitrit dan amonia berkisar 12,5 mg/l (Gambar 5), 0 – 0,5 mg/l (Gambar 6) dan 0,003 – 0,09 mg/l (Gambar 7). Nilai kandungan optimal untuk nitrat, nitrit dan amonia

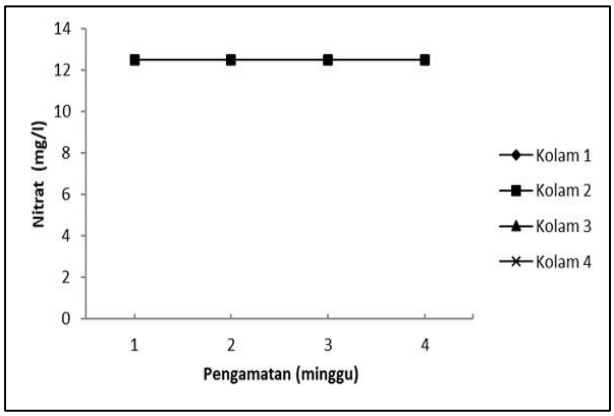
untuk budidaya sebesar <0,5 mg/L, <0,5 mg/L, dan < 1ppm (Pratama *et al.*, 2017; Su *et al*., 2020; Zhang *et al.*, 2020).



Gambar 5. Grafik Pengamatan Amonia



Gambar 6. Grafik Pengamatan Nitrit



Gambar 7. Grafik Pengamatan Nitrat

Analisis Pertumbuhan

Hasil analisis pertumbuhan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Kelulusanhidupan ikan lele diperoleh sebesar 95%. Tingkat kelulushidupan ikan lele berkisar >94% dan tingkat kelulushidupan tidak dipengaruhi oleh kepadatan (Hermawan *et al.*, 2012; Mohapatra *et al*., 2020). Namun, dipengaruhi pleh kondisi kualitas air pada media pemeliharaan masih dalam kondisi layak untuk menunjang kelulushidupan ikan lele. Hasil perhitungan laju pertumbuhan ikan lele sebesar 0,96 g/hari. Nilai laju pertumbuhan yang bagus menunjukan nilai mencapai 0,36-1 g/hari (Amalia & Endang, 2013). Semakin besar nilai laju pertumbuhan maka semakin baik untuk pertumbuhan ikan lele.

Tabel 1. Indikator Pertumbuhan Ikan Lele

Indikator	Sistem A-RAS	Pembanding*
SR	> 95%	85%
GR (g)	0,96	0,5
FCR	0,705	0,7

Sumber : Kementerian Kelautan & Peikanan, 2017

Pada hasil perhitungan konversi pakan diperoleh sebesar 0,705. Besar kecilnya konversi pakan menunjukan tinggi rendahnya kualitas pakan. Pakan ikan kualitas baik mempunyai nilai konversi pakan yang rendah (Wasiadi *et al*., 2003). Berdasarkan hasil perhitungan aspek biologi yang diperoleh menunjukan tingkat produksi yang tinggi. Sehingga dapat dikatakan bahwa Teknologi A-RAS ini dapat dijadikan meningkatkan hasil produksi dalam proses budidaya (Bich *et al*., 2020; Gibbons, 2020; Hao *et al.*, 2020)

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai suhu air di kolam ikan lele berkisar 27,5-30 ◦C, nilai kecerahan berkisar 2,7-8,7 cm, nilai pH berkisar dari 6,8 – 8,7, nilai oksigen terlarut berkisar dari 0,3 – 3,1 mg/l. Sedangkan nilai nitrat, nitrit dan amonia berkisar 12,5 mg/l, 0 – 0,5 mg/l dan 0,003 – 0,09 mg/l. Nilai survival *rate* (SR) yang didapat sebesar >95%, laju pertumbuhan sekitar 0,96 g/hari dan konversi pakan sekitar 0,705. Hal ini membuktikan bahwa teknologi *Aquaponics-Recirculating Aquaculture System (A-RAS)* adalah sistem teknologi budidaya yang dapat meningkatkan tidak hanya proses pengolahan limbah tetapi juga meningkatkan produksi pangan yang ada di Desa Kaliuntu, Kecamatan Jenu, kabupaten Tuban melalui usaha budidaya ikan lele.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, R., Subandiono & Arini, E. (2013). Pengaruh penggunaan papain terhadap tingkat pemanfaatan protein pakan dana pertumbuhan lele dumbo (*Clasrias gariepinus)*. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. Vol 2 (1). 136–143 pp.

Ardiyansari, N., Saryani, & Muhamad. (2019). Peran Organisasi Pemuda Dalam Pengembangan Ekowisata Kawasan Mangrove Guna Mewujudkan Ketahanan Lingkungan (Studi pada Keluarga Pemuda Pemudi Baros (KP2B) Di Dusun Baros, Desa Tirtohargo, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Ketahanan Nasional*. Vol 25 (2). 226–252 pp. https://doi.org/10.22146/jkn.46194

Arinta C.S, Winardi D.N & Rezagama, A. (2017). Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Bod dan Fecal Coliform dengan Metode Qual2e (Studi Kasus: Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 6 (2). 1–9 pp.

Arsanti, Firmansyah, R., Purba, A. G., Tambunan, D. G., & Matondang, S,R. (2020). Penentuan Strategi Pengembangan Budidaya Ikan Air tawar di Sungai Sibundong dengan Menggunakan Analisis SWOT. *Jurnal Perikanan Dan Ilmu Kelautan*. Vol 2 (2). 63–76 pp.

Bich, Ngoc, T. T., Tri, D. Q., Yi-Ching, C., & Khoa, H. D. (2020). Productivity and economic viability of snakehead Channa striata culture using an aquaponics approach. *Aquacultural Engineering*. Vol 89 https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102057

Chen, P., Zhu, G., Kim, H. J., Brown, P. B., & Huang, J. Y. (2020). Comparative life cycle assessment of aquaponics and hydroponics in the Midwestern United States. *Journal of Cleaner Production*. Vol 275. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122888

Deswati, D., Safni, S., Khairiyah, K., Yani, E., Yusuf, Y., & Pardi, H. (2020). Biofloc technology: water quality (pH, temperature, DO, COD, BOD) in a flood & drain aquaponic system. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, *00*(00), 1–10. https://doi.org/10.1080/03067319.2020.181742

Fauzia, S. R., & Suseno, S. H. (2020). Resirkulasi Air untuk Optimalisasi Kualitas Air Budidaya Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis niloticus)*. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*. Vol 2 (5). 887–892 pp.

Fidyandini, H. P., Elisidana, Y., & Kartini, N. (2020). Jurnal Sinergi Pelatihan Penggunaan Probiotik dan Imunostimulan untuk Pencegahan dan Pengobatan Penyakit Ikan Lele pada Kelompok Pembudidaya Ikan Ulam Adi Jaya Kabupaten Mesuji. *Jurnal Sinergi*. Vol 1 (8). 50–54 pp.

Gibbons, G. M. (2020). *An economic comparison of two leading aquaponic technologies using cost benefit analysis: the coupled and decoupled systems*. 55. https://digitalcommons.usu.edu/etd/7823

Grealis, E., Hynes, S., O'Donoghue, C., Vega, A., Osch, S. van, & Twomey, C. (2017). The economic impact of aquaculture expansion: An input-output approach. *Marine Policy*. 81. 29–36 pp. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.014

Hao, Y., Ding, K., Xu, Y., Tang, Y., Liu, D., & Li, G. (2020). States, trends, and future of aquaponics research. *Sustainability*. Vol 12 (18). 1–14 pp. https://doi.org/10.3390/SU12187783

Hapsari, A. W., Hutabarat, J., & Harwanto, D. (2020). Aplikasi komposisi filter yang berbeda terhadap kualitas air, pertumbuhan dan kelulushidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus)* pada sistem resirkulasi Application of different filter composition on the water quality,growth and survival rate nile tilapia . *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*. Vol 4 (1), 39–50 pp.

Hermawan, A & Subhan, U. (2012). Pengaruh padat tebar terhadap kelangsungan hidup pertumbuhan lele dumco (Clarias gariepinus Burch.) di kolam kali menir indramayu. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Unpad*. Vol 3 (3). 85–93 pp.

Hermawan, T. E. S., Sudaryono, A., & Prayitno, S. B. (2013). Pengaruh padat tebar terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan lele (*Clarias gariepinus)* dalam media bioflok. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. Vol 2 (3). 76–85 pp. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jfpik

Kordi. K.M.G.H dan A.B. Tancung. (2007). Pengelolaan kualitas air dalam budidaya perairan. PT. Rhineka Cipta: Jakarta.

Lennard, W. A. (2020). A descriptive analysis of the replication applied in aquaponic experimental studies. *International Journal of Enviroment, Agriculture and Biotechnology*. Vol 5 (3). 745–759 pp.

Mohapatra, B. C., Chandan, N. K., Panda, S. K., Majhi, D., & Pillai, B. R. (2020). Design and development of a portable and streamlined nutrient film technique (NFT) aquaponic system. *Aquacultural Engineering*. Vol 90. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102100

Pratama, W. D., . P., & Manan, A. (2017). Pengaruh pemberian probiotik berbeda dalam sistem skuaponik terhadap kualitas air pada budidaya ikan lele (Clarias sp.). *Journal of Aquaculture Science*. Vol 1 (1). 27–35 pp. https://doi.org/10.31093/joas.v1i1.4

Rahmadhani, L. E., Widuri, L. I., & Dewanti, P. (2020). Kualitas mutu sayur kasepak (kangkung, selada dan pakcoy) dengan sistem budidaya akuaponik dan hidroponik. *Jurnal Agroteknologi*. Vol 14 (1). https://doi.org/10.19184/j-agt.v14i01.15481

Sahuleka, M., Apituley, Y. M., & Bawole, Di. (2020). Strategi pelibatan pemuda dalam pengembangan usaha budidaya keramba jaring apung di teluk ambon dalam. *Jurnal Penelitian Sosial Ekonomi Perikanan dan Kelautan*. Vol 4 (2). 45–57 pp.

Su, M. H., Azwar, E., Yang, Y. F., Sonne, C., Yek, P. N. Y., Liew, R. K., Cheng, C. K., Show, P. L., & Lam, S. S. (2020). Simultaneous removal of toxic ammonia and lettuce cultivation in aquaponic system using microwave pyrolysis biochar. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 396 122610. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122610

Sudaryati, D., Heriningsih, S., & Rusherlistyani, R. (2017). Peningkatan produktivitaspelompok tani ikan lele dengan teknik bioflok. *JPPM : Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*. Vol 1 (2). 109-115 pp. https://doi.org/10.30595/jppm.v1i2.1695

Tuhumury, G., Mosse, J. W., & Papilaya, R. L. (2020). Peran pemuda dalam kegiatan budidaya hiu zebra (*Stegostoma fasciatum*) berbasis minawisata di desa tawiri kota ambon. *Jurnal Penelitian Sosial Ekonomi Perikanan dan Kelautan*. Vol 4 (2). 58–63 pp.

Wasiadi, I., Trihadiningrum, Y., & Tandjung, S. D. (2003). Bioassessment kualitas air kali surabaya berdasarkan tingkat kerusakan insang dengan sistem karamba. *Jurnal Purifikasi*. Vol 4 (2), 73–78 pp.

Widyastuty, A.A.S.A., Abriantoko, O & Hidayati, R. (2019). Pemberdayaan pemuda karang taruna melalui program remaja peduli lingkungan Desa Wisata kebontunggul. *Penamas Adi Buana*. Vol 3 (1), 23–30 pp.

Wicaksono, P. (2005). Pengaturan padat tebar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nilem *Osteochilus hasselti* yang dipelihara dalam keramba jaring apung di waduk cirata dengan pakan perifiton. Skripsi. Institusi Pertanian Bogor.

Xu, Z., & Boyd, C. E. (2016). Reducing the monitoring parameters of fish pond water quality. *Aquaculture*. Vol 465. 359–366 pp. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.031

Xue, S., Xu, W., Wei, J., & Sun, J. (2017). Impact of environmental bacterial communities on fish health in marine recirculating aquaculture systems. *Veterinary Microbiology*. Vol 203. 34–39 pp. https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.034

Yuniar, M., Pratiwi, D. Y., & Agung, M. U. K. (2021). Penyuluhan daring manajemen kualitas air untuk budidaya ikan dalam ember di desa cipaning kecamatan jatinangor kabupaten sumedang sawa barat. *Journal of Community Services*. Vol 2 (1), 42–46 pp.

Zhang, H., Gao, Y., Shi, H., Lee, C. T., Hashim, H., Zhang, Z., Wu, W. M., & Li, C. (2020). Recovery of nutrients from fish sludge in an aquaponic system using biological aerated filters with ceramsite plus lignocellulosic material media. *Journal of Cleaner Production*. Vol 258. 120886. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120886