

Rancangan Akuaponik Terintegrasi Sebagai Solusi Budidaya Lobster Air Tawar dan Sayur Pakcoy

Achmad Dzulfiqar Athallah¹
Program Studi Teknik Industri
Telkom University
Purwokerto, Indonesia
achmaddzulfiqar@student.telkomuniversity.ac.id

Aswan Munang, S.T., M.T.²
Program Studi Teknik Industri
Telkom University
Purwokerto, Indonesia
aswan@ittelkom-pwt.ac.id

Aiza Yudha Pratama, S.T., M.Sc.³
Program Studi Teknik Industri
Telkom University
Purwokerto, Indonesia
aizayp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pertumbuhan penduduk yang pesat dan keterbatasan lahan pertanian di wilayah perkotaan menjadi tantangan utama dalam memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan. Budidaya lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) dan tanaman pakcoy (*Brassica rapa*) melalui sistem akuaponik menawarkan solusi inovatif, namun masih menghadapi kendala dalam hal pengelolaan kualitas air, efisiensi pemberian pakan, serta pemantauan lingkungan yang masih dilakukan secara manual. Keterbatasan ini dapat menghambat produktivitas dan meningkatkan risiko kegagalan panen. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem akuaponik berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat mengintegrasikan pemantauan kualitas air secara *real-time*, sistem pemberian pakan otomatis, serta filtrasi alami menggunakan tanaman pakcoy. Integrasi *IoT* memungkinkan pengendalian parameter penting seperti suhu, pH, dan ketinggian air, sehingga menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan lobster dan tanaman. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan sistem pemantauan berbasis *IoT* yang meningkatkan efisiensi pengelolaan akuaponik dengan data *real-time*, serta perancangan rasio optimal antara jumlah lobster dan tanaman untuk menjaga keseimbangan ekosistem akuaponik. Selain itu, sistem pemberian pakan otomatis membantu mengurangi risiko kanibalisme pada lobster, yang merupakan salah satu faktor penyebab kegagalan budidaya. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan berat lobster rata-rata sebesar 6,28–6,72 gram dan panjang 2,26–2,64 cm selama delapan minggu, sementara tanaman pakcoy tumbuh dengan kenaikan tinggi 2,23–3,24 cm per minggu, mencapai rata-rata tinggi akhir 26–27 cm. Sistem pemantauan *IoT* berhasil menjaga stabilitas parameter lingkungan, dengan tingkat akurasi tinggi pada sensor pH, suhu, dan ketinggian air. Dengan hasil ini, sistem akuaponik berbasis *IoT* terbukti sebagai solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi budidaya lobster dan tanaman dalam satu ekosistem berkelanjutan.

Kata kunci— Akuaponik; *IoT*; Lobster Redclaw; Pakcoy; Sistem Pemberian Pakan Otomatis; Pertanian;

I. PENDAHULUAN

Lobster air tawar, terutama jenis *redclaw* atau capit merah (*Cherax quadricarinatus*), merupakan salah satu

komoditas budidaya yang memiliki prospek ekonomi tinggi. Lobster ini berasal dari Australia bagian utara dan Papua Newguinea bagian selatan [1]. Keunggulan *redclaw* terletak pada tekstur daging yang lembut dan cita rasa lezat. Selain itu, kandungan rendah lemak dan kolesterol menjadikannya pilihan menarik untuk pasar konsumsi maupun hias [2].

Secara ekonomis, nilai jual lobster *redclaw* cukup tinggi. Harga bibit lobster berukuran 1–3 inci berkisar antara Rp 3.000 hingga Rp 10.000 per ekor, sedangkan indukan dijual sekitar Rp 200.000–Rp 250.000 per set (10 ekor) [3]. Di pasar konsumsi, harga lobster *redclaw* mencapai Rp 180.000 per kilogram. Namun, meskipun permintaan terus meningkat, budidaya lobster air tawar masih menghadapi tantangan, seperti kualitas air yang menyebabkan pertumbuhan lobster kurang optimal [4].

Selain lobster, tanaman pakcoy (*Brassica rapa*) juga memiliki nilai ekonomi tinggi [5]. Pakcoy adalah jenis sayuran sawi yang mudah dibudidayakan di berbagai ketinggian dan dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan. Namun, peningkatan urbanisasi telah menyebabkan keterbatasan lahan pertanian, sehingga produksi pakcoy di Indonesia belum mampu memenuhi permintaan yang terus meningkat [6]. Teknologi budidaya tanaman yang efisien, seperti sistem akuaponik, menjadi solusi untuk memanfaatkan lahan sempit secara optimal [7].

Sistem akuaponik menggabungkan prinsip akuakultur (budidaya organisme air) dan hidroponik (budidaya tanaman tanpa tanah) dalam satu ekosistem yang saling mendukung [8]. Limbah metabolisme dari lobster air tawar digunakan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman pakcoy, sementara tanaman berfungsi sebagai biofilter untuk menyerap amonia dan menjaga kualitas air di kolam [9]. Dengan demikian, akuaponik mampu meningkatkan produktivitas lobster dan tanaman secara simultan, sambil mengurangi kebutuhan pupuk dan pakan tambahan [10].

Teknologi *Internet of Things (IoT)* menjadi pelengkap dalam sistem akuaponik dengan menghadirkan kemampuan pemantauan dan pengendalian secara *real-time* terhadap parameter lingkungan, seperti suhu, dan pH air [11]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi *IoT* pada sistem akuaponik dapat meningkatkan efisiensi

penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan [12].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem akuaponik terintegrasi berbasis IoT yang mampu mendukung budidaya lobster air tawar jenis *redclaw* dan tanaman pakcoy secara efisien [13]. Melalui pendekatan ini, diharapkan tercipta solusi berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas pertanian modern, sekaligus menjawab tantangan keterbatasan lahan di daerah urban [14].

II. KAJIAN TEORI

A. Akuakultur Lobster Air Tawar

Akuakultur adalah budidaya hewan air, seperti ikan, udang, serta moluska. Akuakultur bertujuan untuk memaksimalkan hasil dari hewan air yang bermanfaat bagi kelangsungan hidup manusia [15].

B. Hidroponik Sayur Pakcoy

Hidroponik merupakan budidaya tanaman yang memanfaatkan air yang mengalir sebagai media tanam. Media tanam hidroponik tergantung dari karakter tanaman yang akan ditanam. Adapun contoh media tanam seperti arang sekam padi, *rockwool*, sabut kelapa, dan spons. Dengan adanya media tanam hidroponik ini dapat meminimalkan penggunaan lahan untuk ditanami [16].

C. Akuaponik

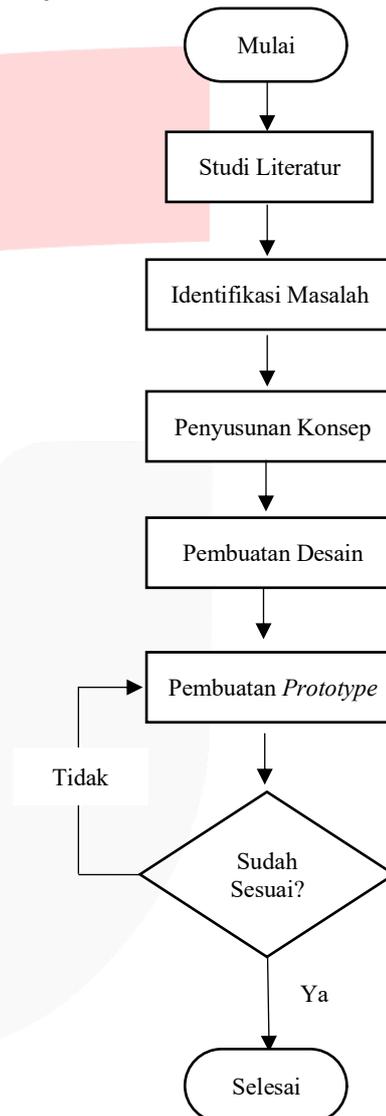
Akuaponik adalah sistem pertanian modern yang menggabungkan akuakultur (budidaya organisme air) dan hidroponik pada satu ekosistem yang saling mendukung. Prinsip dasar akuaponik adalah memanfaatkan limbah metabolisme hewan air, seperti ikan atau lobster, sebagai nutrisi bagi tanaman. Dalam proses ini, tanaman bertindak sebagai biofilter untuk menyerap amonia dan nutrisi lain dari limbah, sehingga air yang kembali ke kolam menjadi bersih dan mendukung pertumbuhan organisme air [4].

D. NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah mikrokontroler berbasis ESP8266 yang dilengkapi dengan modul *WiFi*. *NodeMCU* dirancang untuk memudahkan pembuatan prototipe perangkat *IoT* (*Internet of Things*) karena kemampuan integrasi *WiFi*-nya yang memungkinkan koneksi nirkabel secara langsung ke jaringan internet atau perangkat lain [6].

III. METODE

Penelitian ini melibatkan kualitas air kolam akuaponik, yang mencakup beberapa parameter penting untuk mendukung pertumbuhan lobster air tawar dan tanaman pakcoy. Parameter yang diamati meliputi suhu air, pH, kadar amonia, dan ketinggian air. Pengukuran parameter-parameter ini dilakukan dengan menggunakan sensor IoT untuk memantau kondisi air secara real-time. Selain itu, subjek penelitian ini juga mencakup sistem pemberian pakan otomatis untuk lobster yang dikendalikan oleh teknologi IoT. Sistem IoT diharapkan dapat memberikan data secara akurat dan kontinu, yang memungkinkan pengelolaan lingkungan akuaponik menjadi lebih efisien dan berbasis data.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan pengamatan. Studi literatur mencakup jurnal dan laporan terkait desain akuaponik, sistem IoT, pengoperasian mikrokontroler, dan distribusi terintegrasi. Pengamatan lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi suhu, pH, amonia, dan ketinggian air.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

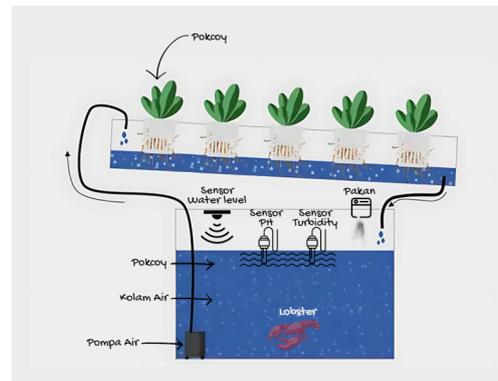
Pada tahap implementasi, sistem akuaponik terintegrasi dirancang untuk menggabungkan budidaya lobster air tawar (akuakultur) dan sayur pakcoy (hidroponik) dalam satu ekosistem yang saling mendukung. Sistem ini juga dilengkapi dengan teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk memantau dan mengontrol parameter-parameter penting secara *real-time*. Komponen utama terdiri dari :

1. Akuakultur Lobster Air Tawar
 - a. Kolam semen digunakan sebagai media budidaya lobster air tawar jenis *redclaw*.
 - b. Parameter lingkungan seperti suhu, *pH*, dan ketinggian air diawasi secara berkala menggunakan sensor IoT.
2. Hidroponik Sayur Pakcoy
 - a. Sistem hidroponik yang diterapkan adalah *Nutrient Film Technique (NFT)*, menggunakan pipa PVC sebagai media tanam.
 - b. Tanaman pakcoy memanfaatkan nutrisi dari limbah metabolisme lobster untuk mendukung pertumbuhannya.
3. Integrasi Teknologi IoT
 - a. *NodeMCU ESP8266* digunakan sebagai mikrokontroler utama untuk menghubungkan seluruh sensor dan aktuator ke jaringan IoT.
 - b. Sensor yang digunakan meliputi:
 - 1) Sensor *pH* untuk memantau tingkat keasaman air.
 - 2) Sensor suhu untuk mengukur suhu air.
 - 3) Sensor Ultrasonik untuk memantau ketinggian air.
 Aktuator berupa pompa air dan relay digunakan untuk mengatur sirkulasi air dan pemberian pakan otomatis.

B. Jalur sirkulasi air

Sistem akuaponik ini dirancang untuk menjaga keseimbangan ekosistem antara kolam lobster dan media tanam pakcoy. Air dari kolam utama dialirkan menggunakan pompa menuju sistem filtrasi, yang terdiri dari filter mekanik untuk menyaring kotoran padat dan filter biologis yang mengandung bakteri pengurai guna mengubah limbah organik menjadi nutrisi bagi tanaman. Setelah melalui proses filtrasi, air yang kaya nutrisi dialirkan ke media tanam menggunakan metode *Nutrient Film Technique (NFT)*, di mana akar tanaman dapat menyerap nutrisi secara optimal dari lapisan tipis air yang mengalir.

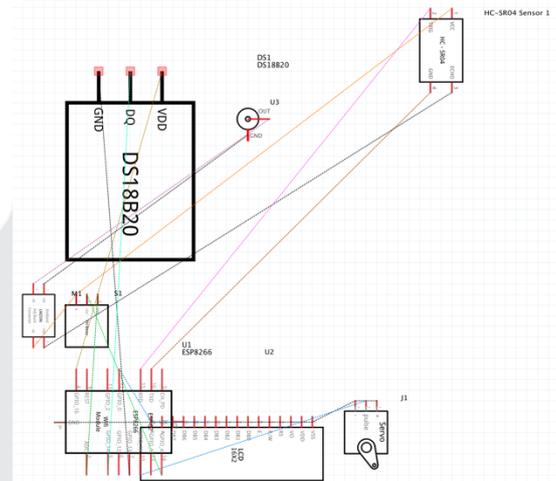
Setelah melewati media tanam, air dikembalikan ke kolam utama melalui saluran pembuangan yang dirancang untuk menjaga sirkulasi tetap lancar. Jalur ini dibuat dengan mempertimbangkan kemiringan dan diameter pipa agar aliran air tetap stabil tanpa risiko penyumbatan. Desain ini memastikan bahwa air selalu bersirkulasi secara efisien, sehingga kualitas air tetap terjaga dan mendukung pertumbuhan optimal bagi lobster serta tanaman dalam sistem akuaponik.



Gambar Sirkulasi Air

C. Desain Alat IoT

Pada tahap ini adalah merancang desain alat perangkat keras yang akan dibuat. Perancangan alat dilakukan agar penulis dapat memiliki gambaran alat yang akan dibuat tersebut. Desain alat dibuat dengan aplikasi *fritzing*. Komponen yang digunakan yaitu 1 buah mikrokontroler *NodeMCU ESP8266*, 1 buah sensor suhu *DS18B20*, 1 buah sensor ultrasonik *HC-SR04*, 1 buah modul beserta sensor *pH* meter *PH-4502C*, 1 buah *LCD I2C*, 1 buah komponen *step down LM2596*, 1 buah komponen motor servo, dan 1 buah *socket*. Setelah jalur tiap koneksi pin antar komponen sudah dirakit, Langkah selanjutnya yaitu menggabungkan komponen-komponen agar dapat terhubung dengan mikrokontroler dan juga menggunakan tegangan input dari adaptor yang sudah dialiri listrik secara langsung.



Gambar 2. Desain Rancangan Alat IoT

D. Perancangan Perangkat Lunak

Pada *NodeMCU ESP8266* sudah dilengkapi dengan konektivitas WiFi, sehingga dapat terhubung langsung ke jaringan internet. Rancang bangun alat ini bekerja dengan cara mengirimkan pesan "MAKAN" melalui *bot* telegram maka alat akan menabur pakan berbentuk pellet ikan menggunakan motor servo dari ketersediaan pakan yang ada di dalam wadah pakan. Selain itu alat ini juga dapat memonitoring suhu, *pH*, dan ketinggian air secara *real time* dengan mengirimkan data ke database dan mengirimkan

pesan “STATUS” melalui bot telegram yang akan menampilkan status nilai suhu, pH, dan ketinggian air, serta dapat menampilkan waktu terakhir pakan ikan ditaburkan. Berikut adalah gambar tampilan yang akan ditampilkan di chat bot telegram.



Gambar 3. Tampilan Pesan Bot Telegram

E. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem akuaponik menggunakan lima ekor lobster air tawar jenis *redclaw* sebagai objek akuakultur dan beberapa tanaman pakcoy sebagai bagian dari hidroponik. Pengujian ini berlangsung selama empat minggu, dengan pengamatan terhadap parameter kualitas air, pertumbuhan lobster, pertumbuhan pakcoy serta efisiensi system *IoT*.

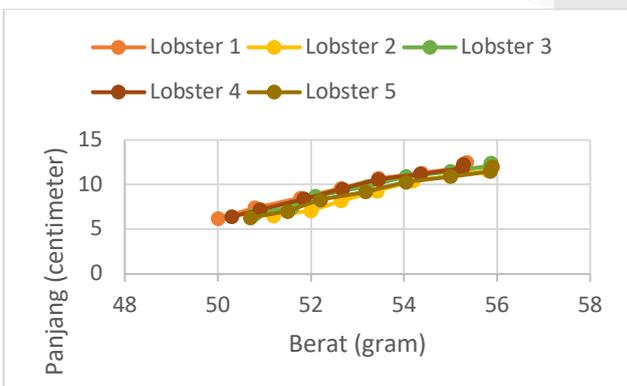
Parameter kualitas air yang dipantau meliputi suhu, pH, dan ketinggian air. Berikut hasil pemantauan kualitas air selama delapan minggu:

Tabel 1. Kualitas Air Selama Pengujian

| Parameter | Minggu 1 | Minggu 2 | Minggu 3 | Minggu 4 |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|
| Suhu (°C) | 27 | 27 | 28 | 27 |
| pH | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 7.0 |
| Ketinggian Air (cm) | 20 | 20 | 20 | 20 |

Hasil menunjukkan bahwa parameter kualitas air tetap stabil sepanjang pengujian, dengan nilai yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan lobster dan pakcoy.

Berat dan panjang rata-rata lima ekor lobster diukur setiap minggu untuk memantau pertumbuhan.



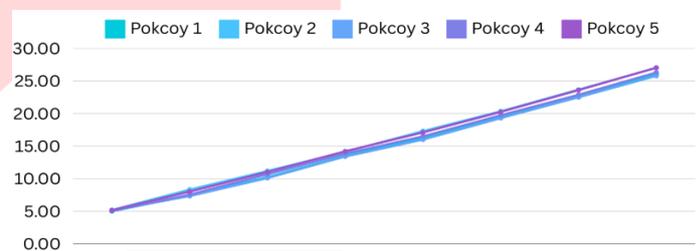
Gambar 3. Grafik Pertumbuhan Lobster Air Tawar

Grafik di atas ini menunjukkan peningkatan berat dan panjang lobster selama empat minggu.

Analisis Produktivitas Lobster Air Tawar

- Pertumbuhan Berat dan Panjang:
 - Lobster menunjukkan peningkatan berat berkisar antara 0,14–0,98 gram per minggu, dengan total kenaikan berat sebesar 6,28–6,72 gram selama delapan minggu.
 - Peningkatan panjang berkisar antara 0,40–0,47 cm per minggu, dengan panjang rata-rata akhir mencapai 6,1–6,5 inci.
- Kesehatan dan Tingkah Laku:
 - Tidak ditemukan kasus mortalitas selama pengujian.
 - Terdapat satu insiden kanibalisme saat fase *moulting*, menunjukkan kebutuhan akan tempat persembunyian tambahan untuk lobster.

Tinggi rata-rata tanaman pakcoy diukur setiap minggu untuk mengevaluasi pertumbuhannya.



Gambar 4. Grafik Pertumbuhan Pakcoy

Grafik di atas ini menunjukkan peningkatan tinggi rata-rata tanaman pakcoy selama empat minggu.

Analisis Produktivitas Tanaman Pakcoy

- Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Tanaman pakcoy menunjukkan kenaikan tinggi fluktuatif sebesar 2,23–3,24 cm per minggu, dengan tinggi rata-rata akhir mencapai 26,04–27,05 cm pada minggu ke-8.
- Kualitas Tanaman

Daun tanaman berwarna hijau pekat, menandakan kecukupan nutrisi yang disuplai dari limbah metabolisme lobster melalui sistem akuaponik.

V. KESIMPULAN

Sistem ini berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. *Prototype* yang dibuat mampu merepresentasikan integrasi antara akuakultur dan hidroponik dalam satu ekosistem yang saling mendukung, di mana limbah metabolisme dari lobster dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman pakcoy, sementara pakcoy berfungsi sebagai biofilter untuk menjaga kualitas air dalam kolam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pengontrolan suhu, pH, dan ketinggian air berbasis *IoT* bekerja optimal, memungkinkan pemantauan parameter lingkungan secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selain itu, sistem pemberian pakan otomatis berbasis servo motor terbukti mampu menjaga distribusi pakan secara merata dan mengurangi risiko kanibalisme pada lobster, terutama saat *moulting*.

REFERENSI

- [1] Daud, M., Bintoro, A., & Handika, V, "Design And Realization Of Fuzzy Logic Control For Ebb And Flow Hydroponic System Distributed Generation View project Protection System View project,"2020
- [2] G. Kushayadi, Wasposito, S., & Diniarti, N. (2018). THE EFFECT OF VARIOUS CULTIVATING MEDIA OF AQUAPONIC ON DECREASING OF NITRATE AND PHOSPHATE IN COMMON CARP (*Cyprinus carpio*) CULTURE.
- [3] Hafizh Bahzar, M., Mudji, D., Jurusan, S., Pertanian, B., & Pertanian, F. PENGARUH NUTRISI DAN MEDIA TANAM TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN PAKCOY (*Brassica rapa* L. var. *chinensis*) DENGAN SISTEM HIDROPONIK SUMBU. In *Jurnal Produksi Tanaman* (Vol. 6, Issue 7).
- [4] Husen, A., & Laitupa, I. W. (2021). Analysis of the physico-chemical quality of smoked skipjack tuna during storage at room temperature using coconut shell smoke in Sasa village, South Ternate city. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 13(2), 530–538. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.13.2.530-538>
- [5] Jannah, M., Suprpto, H., & Kusnoto. (2017). WAKTU HENTI CHLORAMPHENICOL PADA LOBSTER (*Cherax quadricarinatus*) AIR TAWAR Withdrawal Time Chloramphenicol in Fresh Water Lobster (*Cherax quadricarinatus*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 5, 1–6.
- [6] Khaoula, T., Abdelouahid, R. A., Ezzahoui, I., & Marzak, A. (2021). Architecture design of monitoring and controlling of IoT-based aquaponics system powered by solar energy. *Procedia Computer Science*, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.07.063>
- [7] Khoiroh, S. M., Mundari, S., Sofianto, R., & Septiana, A. (2019). PENGARUH DIGITAL MARKETING, PROFITABILITAS, LITERASI KEUANGAN, DAN PENDAPATAN TERHADAP KEPUTUSAN INVESTASI LAT (LOBSTER AIR TAWAR) DI INDONESIA. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 3(2), 71–76.
- [8] Kyaw, T. Y., & Ng, A. K. (2017). Smart Aquaponics System for Urban Farming. *Energy Procedia*, 143, 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.694>
- [9] Lennard, W. (2017). *Aquaponic Fact Sheet Series-Fish to Plant Ratios Aquaponic System Design Parameters: Fish to Plant Ratios (Feeding Rate Ratios)*.
- [10] Ma'shumah, S., & Pramartaningthias, K. (2022). SISTEM MONITORING TANAMAN PAKCOY HIDROPONIK NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT) BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 1, 1907–6223. <http://journal.umpo.ac.id/index.php/multitek>
- [11] Siburian, A. F., Nirmala, K., & Supriyono, E. (2018). EVALUASI PENGGUNAAN JENIS SELTER BERBEDA TERHADAP RESPON STRES DAN KINERJA PRODUKSI PENDEDERAN LOBSTER AIR TAWAR *Cherax quadricarinatus* DALAM SISTEM RESIRKULASI. *Jurnal Riset Akuakultur*, 13(4). <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jra>
- [12] Trisnasari, V., Hastuti, S., & Subandiyono. (2020). Jurnal Sains Akuakultur Tropis The Influence of Tryptophan in Artificial Feed on Cannibalism and Growth of Freshwater Crayfish. *Jurnal Sains Akuakultur*, Vol 4, No 1, 19–30.
- [13] Wasiati. (2022). PELATIHAN BUDIDAYA IKAN LELE DI DALAM EMBER UNTUK KETAHANAN PANGAN DI DESA KARANG KEMIRI. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol 3, No 1, 1–9.
- [14] Wirza, R., & Nazir, S. (2021). Urban aquaponics farming and cities- a systematic literature review. *Reviews on Environmental Health*, 36(1), 47–61. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0064>
- [15] Zain, M. Z., Basuki, F., & Rejeki, S. (2021). ANALISA KESESUAIAN LAHAN DAN STRATEGI PENGEMBANGAN BUDIDAYA *Gracilaria* sp. DI AREA TAMBAK DI KECAMATAN ULUJAMI KABUPATEN PEMALANG. *Jurnal Perikanan*, XIV (2), 71–80.
- [16] Zidni, I., Iskandar, Rizal, A., Andriani, Y., & Ramadan, R. (2019). EFEKTIVITAS SISTEM AKUAPONIK DENGAN JENIS TANAMAN YANG BERBEDA TERHADAP KUALITAS AIR MEDIA BUDIDAYA IKAN. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, Vol 9, No 1, 81–94.