

Penerapan Teknologi *Aquaponic* pada Kelompok Usaha Bersama

Nanang Sugianto^{1*}, Maya Angraini², Ferzha Putra Utama³

Kata Kunci

Aquaponic;
Kelompok usaha Bersama;
Sukamerindu;
Ikan Lele
Kolam;

Keywords:

Aquaponics;
Joint business group;
Sukamerindu;
Catfish
Pool;

Correspondensi Author

¹Program studi Geofisika, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu
Jalan Jawa 2 No 11, Kota Bengkulu
Email: nanang.s@unib.ac.id

History Article

Received: 19-12-2021;
Reviewed: 22-05-2022;
Accepted: 15-12-2022;
Available Online: 19-12-2022;
Published: 29-12-2022;

Abstrak. Program ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan serta sebagai kegiatan pemberdayaan masyarakat khususnya menerapkan teknologi aquaponic. Penerapan teknologi ini dilaksanakan melalui program pengabdian kepada masyarakat dengan setidaknya menerapkan empat metode, yaitu pendidikan, pelatihan, substitusi dan difusi IPTEK. Kegiatan dilakukan dengan pendekatan partisipatif yakni pendekatan secara teori (sesi kelas) dan praktik (sesi lapangan) mulai dari merencanakan, membangun, menerapkan dan maintenance teknologi aquaponic. Hasil yang dicapai bersama mitra adalah satu unit sistem aquaponic yang terdiri dari kolam terpal (ikan lele), sistem filterisasi dan resirkulasi, dan sistem hidroponik. Sistem filterisasi dilakukan secara mekanik (waring, karang jahe, karbon aktif dan busa) dan biologis menggunakan bioball dan EM4. Tidak mencapai satu bulan pasca pembenihan, mitra telah berhasil memanen 100 pot tanaman kangkung sebanyak 18 Kg. Tidak hanya memperoleh hasil tambahan berupa tanaman hortikultura, penerapan aquaponik menjadikan ikan lebih sehat, berkurangnya kematian dan ukuran relative sama. Peralihan menerapkan teknologi ini memberikan kemudahan bagi mitra karena selain perawatannya mudah, biaya operasionalnya sangat murah. Sehingga, diharapkan masyarakat sekitar dapat mempelajari dan mencontoh budidaya ini untuk dapat diterapkan di pekarangan masing-masing.

Abstract. The aim of this program is to increase knowledge and skills as well as community empowerment activities, especially in applying aquaponic technology. It is carried out through community service programs by applying at least four methods, namely education, training, substitution, and diffusion of science and technology. They are carried out using a participatory approach, namely theoretical approaches (class sessions) and practical (field sessions) starting from planning, building, implementing, and maintaining aquaponic technology. The results achieved with partners are an aquaponic system unit consisting of a tarpaulin pond (catfish), a filtration and recirculation system, and a hydroponic system. The filtration system was carried out mechanically (waring, ginger coral, activated carbon, and foam) and biologically

using bio balls and EM4. Not even one month after seeding, the partners have succeeded in harvesting 100 pots of water spinach as much as 18 Kg. The implementation of aquaponic also makes fish healthier, reduces mortality and the size is relatively the same. The transition to implementing this technology provides convenience for partners because it has minimal maintenance, and operational costs are half-penny. So, it is hoped that the surrounding community can learn and imitate this cultivation to be applied in their respective yards.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution
4.0 International License



PENDAHULUAN

Dampak Pandemi virus corona atau *Covid-19* berpengaruh signifikan terhadap perekonomian masyarakat secara global, tidak terkecuali pada masyarakat kelurahan Sukamerindu Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu Provinsi Bengkulu. Menyikapi hal ini, selaku Ketua RT 12 Kelurahan Sukamerindu, Bapak Saswandi bersama warganya membentuk kelompok usaha bersama (selanjutnya disebut mitra) yang bergerak di bidang budidaya perikanan air tawar dalam terpal (akuakultur). Kegiatan ini merupakan salah satu bentuk partisipasi warga dalam upaya pemulihan perekonomian.

Kelompok usaha bersama ini dibentuk pada November 2020 dan mulai beroperasi pada awal Januari 2021. Warga yang terlibat dalam usaha bersama ini adalah sebanyak 10 orang. Anggota kelompok berada pada usia 30-50 tahun (8 orang) dan lanjut usia berumur 51-67 tahun sebanyak 2 orang. Kolam yang telah tersedia sebanyak 6 unit dengan ukuran 200 cm x 400 cm. Jenis ikan air tawar yang dibudidaya adalah ikan lele sebanyak 1000 ekor tiap kolamnya. Ke-enam kolam berisi ikan lele dengan kelompok usia yang berbeda, yaitu masing-masing selisih 2 bulan sehingga setiap bulannya mitra produksi ikan lele yang kemudian dipasarkan kepada pembeli.

Terbilang sukses pada budidaya ikan lele dalam kolam terpal, mitra juga memulai produksi tanaman hortikultura yang diharapkan menjadi sumber pendapatan tambahan atau pemenuhan kebutuhan

sayuran anggota kelompok. **Namun**, minimnya pengetahuan anggota kelompok terhadap teknologi yang tepat untuk budidaya tanaman hortikultura, maka mitra meminta tim pengabdian universitas Bengkulu untuk memberikan pendampingan dalam memproduksi tanaman hortikultura. Berdasarkan survei awal dan diskusi bersama mitra, disepakati bahwa teknologi tepat guna yang cocok diterapkan dalam produksi tanaman hortikultura adalah *Aquaponic*.

Aquaponic adalah sebuah teknologi penggabungan antara sistem budidaya akuakultur dengan hidroponik (Buzby & Lin, 2014; Nasution & Prayogi, 2018; Amin dkk., 2021), dimana teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi usaha melalui pemanfaatan sisa pakan dan metabolisme ikan sebagai pupuk atau nutrisi untuk tanaman (Buzby & Lin, 2014; Amin dkk., 2021; Hakim & Hariyadi, 2021; Prakosa, 2021; Delis dkk., 2022). Tanaman ini juga berfungsi sebagai fitoremediator yang dapat menurunkan, mengekstrak atau menghilangkan senyawa organik dan anorganik dari limbah (Halim & Pratamaningtyas, 2020; Prakosa, 2021) menjadi amonium dan nitrat yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman melalui proses fitoremediasi oleh akar tanaman (Buzby & Lin, 2014; Asni dkk., 2020; Karimanzira & Rauschenbach, 2021).

Agar kondisi air senantiasa layak untuk budidaya *aquaponic* maka diterapkan teknik penyegaran air yaitu *Recirculating Aquaculture Systems* (Aich dkk., 2020; Karimanzira & Rauschenbach, 2021). Prinsip

dari sistem ini adalah penggunaan kembali air yang sudah digunakan untuk kegiatan budidaya dengan melakukan penyaringan baik secara mekanis maupun biologis (Setijaningsih dan Suryaningrum, 2018). Penyaringan mekanis berfungsi untuk menjernihkan air dan penyaringan biologis untuk menetralisasi (Nugroho dkk., 2012; Karimanzira dan Rauschenbach, 2021) senyawa amonia menjadi senyawa nitrat yang baik untuk tanaman (Setijaningsih dan Suryaningrum, 2018; Hapsari dkk., 2020). Resirkulasi air dalam pemeliharaan *aquaponic* berfungsi untuk membantu keseimbangan biologis dalam air, menjaga kestabilan suhu, membantu distribusi oksigen serta menjaga akumulasi atau mengumpulkan hasil metabolit beracun sehingga kadar atau daya racun dapat ditekan (Karimanzira & Rauschenbach, 2021).

Teknologi *aquaponic* ini dapat menjadi contoh bagi masyarakat setempat. Penerapan teknologi ini dapat memberikan hasil yang maksimal baik dan lebih sehat pada tanaman hortikultura dan ikan air tawar yang di terapkan dalam sistem (Nugroho dkk., 2012; Asni dkk., 2020; Rahmadhani dkk., 2020; Utami dkk., 2021; Delis dkk., 2022). Selain mudah diterapkan, hal ini juga ekonomis dan terjangkau bagi mitra. Masyarakat sekitar dapat mempelajari dan mencontoh budidaya ini sehingga dapat diterapkan di pekarangan masing-masing.

METODE

Beberapa tahapan kegiatan yang dilakukan sebagai solusi agar dapat menyelesaikan persoalan yang dihadapi mitra diantaranya adalah melakukan kegiatan pendidikan, pelatihan dan pendampingan penerapan teknologi *aquaponic*. Dalam pelaksanaannya, metode yang digunakan adalah pendekatan teori dan praktek yang menekankan pada keaktifan peserta. Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di kediaman ketua mitra yakni beralamat di Jalan Jawa 2, Kelurahan Sukamerindu Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu. Semua tahapan kegiatan dilakukan selama 4 bulan yang meliputi tahapan pembuatan teknologi, pendidikan dan pelatihan, praktek lapangan dan pendampingan serta evaluasi. Terkait dengan keterbatasan kemampuan dan sumberdaya,

penerapan sistem *aquaponic* dikembangkan secara partisipatif dengan pendekatan *bottom-up* melalui metode transfer pengetahuan. Penerapan pengetahuan secara teori dan praktek tersebut meliputi: (1) pengenalan *aquaponic*, (2) membangun teknologi *aquaponic* bersama mitra, dan (3) praktek operasi dan *maintenance* sistem *aquaponic*. Melalui pendekatan tersebut, mitra ditargetkan mampu dengan mandiri menjalankan, mengelola, dan menjamin keberlangsungan penerapan *aquaponic* yang sudah dikembangkan dengan terus didampingi oleh tim pengabdian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Persiapan

Pelaksanaan program pengabdian kepada Masyarakat berbasis penerapan IPTEK dalam mengaplikasikan teknologi *aquaponic* dilakukan dengan kegiatan pendidikan berupa materi di sesi kelas dan praktik lapangan berupa praktik cara pembuatan hingga perawatan sistem *aquaponic*. Kegiatan ini diikuti oleh 16 peserta yaitu 10 orang khalayak sasaran, 3 orang tim pengabdian dan dibantu oleh 3 orang mahasiswa dari program studi Geofisika, Teknik Sistem Informasi dan ilmu Kelautan. Tahapan pertama sebelum kegiatan pendidikan dan pendampingan baik sesi kelas maupun sesi praktik lapangan adalah tahapan persiapan. Tahapan persiapan meliputi pembuatan sistem *aquaponic* (Gambar 3a), penyemaian bibit tanaman hortikultura (Gambar 3b) dan pembuatan modul singkat tentang aquaponik (Gambar 3c). Hidroponik yang dibangun adalah sistem DFT dengan memanfaatkan 12 paralon berukuran 3 *inch* dengan 220 lubang dan disusun sedemikian rupa agar air dapat bersirkulasi akibat perbedaan gaya gravitasi seperti terlihat pada Gambar 3d. Pembangunan sistem hidroponik dibuat 2 tingkat rak, yakni tingkat pertama hidroponik tanpa tahapan filterasi dan tingkat kedua dengan penambahan sistem filterasi. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan pengetahuan kepada khalayak sasaran mengenai perbedaan respon tanaman terhadap pemberian sistem filterasi untuk hidroponik. Pembuatan sistem hidroponik, filterasi dan penyemaian tanaman ini dilakukan bersama mitra.

Gambar 1e dan Gambar 1f adalah

sistem filterasi fisis yang dibangun bersama dalam teknologi aquaponik. Sistem filterasi fisis dibuat dengan 4 kotak yang saling terhubung dan diisi dengan waring, karang jahe, karbon aktif (arang batok kelapa), dan kapas busa. Sementara untuk filter biologi menggunakan ember bak diameter 58 cm, *bioball* dan EM4 (cairan mikro organisme untuk tanaman). Hasil filterasi biologi kemudian dialirkan kepada sistem hidroponik yang sirkulasinya menggunakan pompa air akuarium dengan kemampuan mendorong air hingga 4,6 meter. Kenampakan sistem filterasi biologis yang diterapkan pada sistem aquaponi ini ditunjukkan pada Gambar 3g. Manfaat dan prinsip kerja dari kedua filter ini kemudian dibahas lebih lanjut pada pendidikan sesi kelas dan sesi lapangan.



Gambar 1. Foto teknologi aquaponic pada tahapan persiapan

Persiapan terakhir sebelum

melaksanakan tahapan pendidikan adalah penyebaran bibit ikan lele (Gambar 2a). Bibit ikan ini merupakan komponen penting dalam sistem *aquaponic*. Bibit ikan disebar pada 2 kolam yakni kolam tanpa sistem *aquaponic* dan kolam dengan sistem *aquaponic* (diberi paralon pada dasar kolam untuk memaksimalkan penyerapan sisa pakan dan metabolisme ikan-Gambar 2b). Perlakuan 2 kondisi ini bermaksud untuk memberikan pengetahuan kepada khalayak sasaran terhadap respon ikan dan perbedaan kualitas air pada keduanya.



Gambar 2. Foto (a) penyebaran bibit ikan lele dan (b) pemberian kolam untuk sistem aquaponic.

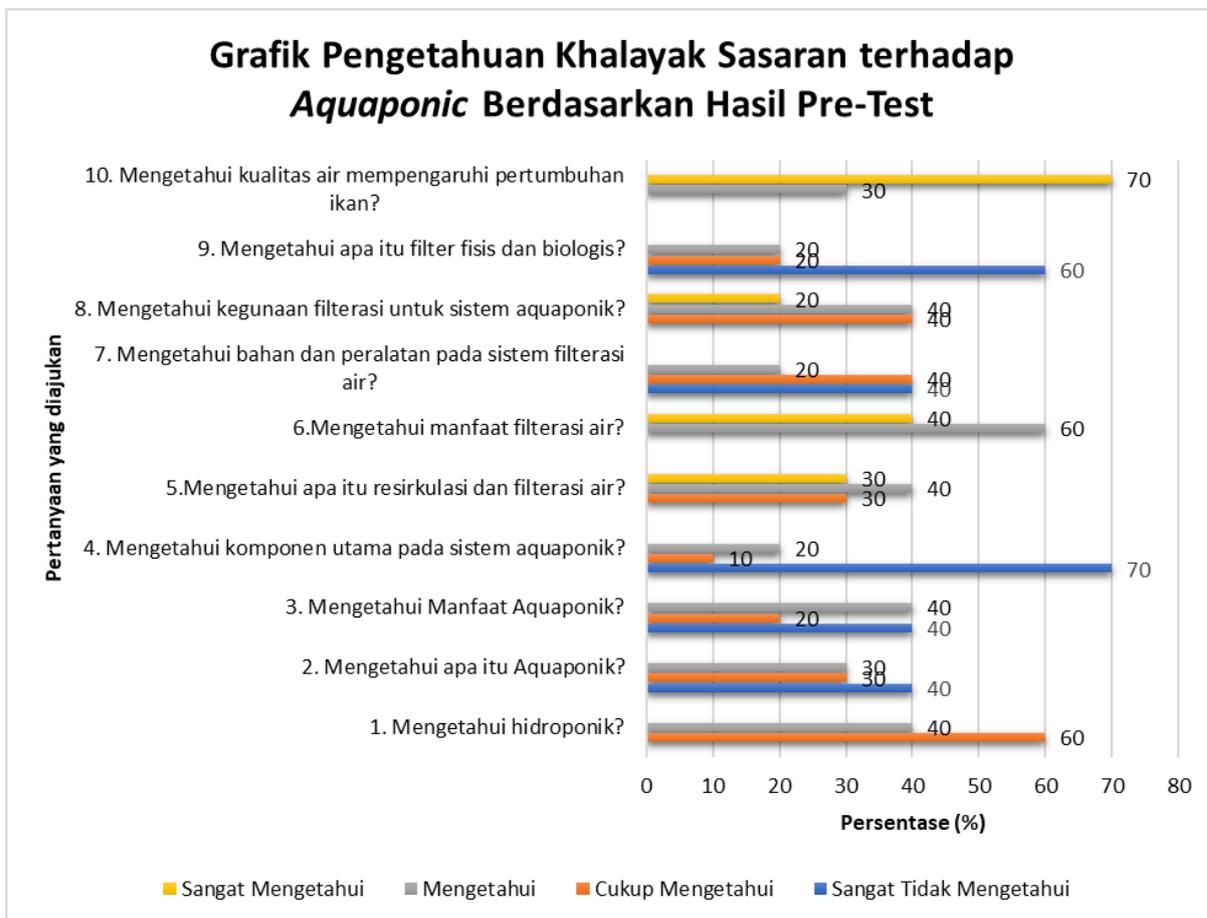
Tahapan Pendidikan dan Pelatihan

Sebelum memulai tahapan pendidikan sesi kelas dan sesi lapangan, tim pengabdian memberikan kuisisioner untuk memetakan pengetahuan khalayak sasaran terhadap teknologi *aquaponic*. Pertanyaan yang diajukan sebanyak 10 pertanyaan. Adapun gambaran pengetahuan mitra terhadap teknologi *aquaponic* diinterpretasikan pada grafik Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa semua khalayak sasaran mengetahui teknologi hidroponik, namun masih sedikit yang mengenal teknologi *aquaponic* meskipun keduanya memiliki kesamaan. Selain itu, diantara banyak mitra juga tidak mengetahui manfaat dan komponen utama pada sistem *aquaponic* seperti sistem filterasi meskipun pernah menyaksikan proses filterasi pada akuarium.

Materi yang disampaikan pada tahapan pendidikan adalah (1) budidaya ikan dalam kolam terpal (akuakultur), (2) teknologi hidroponik dan (3) penerapan teknologi *aquaponic* yang merupakan kombinasi teknologi akuakultur dan hidroponik. Melalui tahapan ini khalayak sasaran diberi pengetahuan konsep dasar dalam penerapan aquaponik, cara pembuatan, Teknik penyemaian tanaman dan

maintenance sistem *aquaponic* (sistem filterasi dan perawatan tanaman hidroponik). Foto

kegiatan Pendidikan sesi kelas dan sesi lapangan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Foto Prosesi kegiatan pelatihan dan Pendidikan sesi kelas dan sesi lapangan

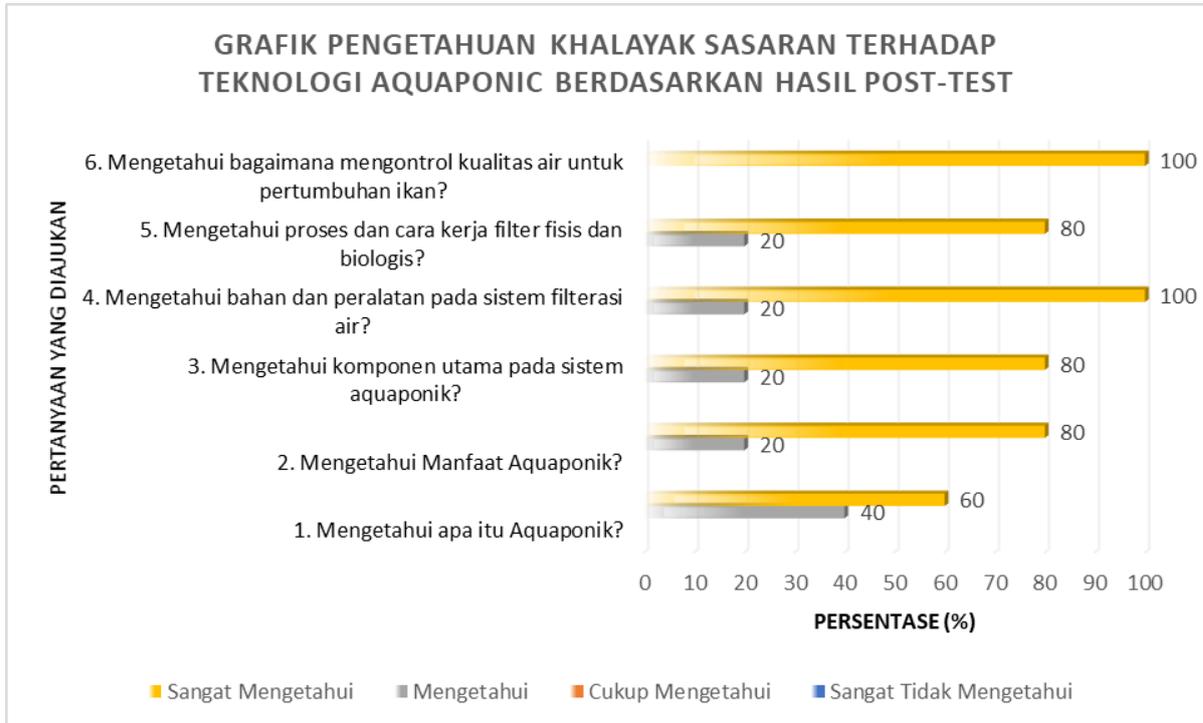
Penekanan materi saat melakukan praktik lapangan adalah bagaimana mengoperasikan dan *maintenance* sistem hidroponik. Beberapa hal yang disampaikan antara lain (1) kemiringan rak paralon hidroponi yang minimal 30°, (2) pengaturan debit air yang masuk dan keluar dari sistem filterasi dan akuakultur, sebab bila tidak diperhatikan akan terjadi pemborosan air akibat terbuang. Berikutnya, (3) pemberian dan penyusunan bahan filter fisis seperti waring, karang jahe, arang batok kelapa (karbon aktif) dan busa, (4) aturan pemberian EM4 pada filter biologis, dan (5) perawatan tanaman pada sistem hidroponik. Pada tahapan ini juga dilakukan berbagai diskusi kepada mitra terkait penerapan teknologi *aquaponic*.



Gambar 4. Foto Prosesi kegiatan pelatihan dan Pendidikan sesi kelas dan sesi lapangan

Tahapan berikutnya sebelum kegiatan pendidikan dan pelatihan ditutup adalah pemberian kuisisioner *post-test*. Gambar 5 adalah gambaran pengetahuan khalayak sasaran terhadap *aquaponic* setelah mengikuti pelatihan sesi kelas dan sesi lapangan. Secara umum dapat disimpulkan bahwa semua anggota mitra telah mengetahui teknologi *aquaponic*, mulai dari kegunaan, cara

pembuaatan, dan perawatannya.



Gambar 5. Grafik pengetahuan mitra terhadap aquaponic berdasarkan

Tahapan Pendampingan

Pasca tahapan pendidikan dan pelatihan, khalayak sasaran diajak secara mandiri untuk melakukan perawatan baik pada ikan, tanaman hidroponik dan mengoperasikan sistem *aquaponic* lainnya (filterisasi dan pengaturan debit air masuk dan debit air keluar). Saat terdapat masalah, maka tim pengabdian akan melakukan pendampingan kepada mitra dalam penerapan *aquaponic*.

Berdasarkan pemantauan bersama mitra, untuk kolam dengan *aquaponic* ukuran ikan secara umum adalah sama, namun untuk kolam tanpa *aquaponic* sangat variatif. Aroma ikan juga sangat berbeda antara keduanya, dimana ikan pada kolam tanpa *aquaponic* lebih beraroma dibandingkan dengan ikan dengan *aquaponic*. Proses pemanenan ikan dan tanaman kangkong ditunjukkan pada Gambar 6. Selain itu, pengamatan lain berikutnya adalah jumlah ikan saat proses panen dan pensortiran. Jumlah total ikan pada kolam dengan *aquaponic* sebanyak 923 (77 ekor mati) sementara jumlah total ikan pada kolam tanpa *aquaponic* 736 (264 ekor mati). Kondisi ini tentu menjadi evaluasi bagi mitra untuk menjadi perhatian pada penyebaran berikutnya. Dugaan penyebab

berkurangnya jumlah total ikan pada kolam *non aquaponic* adalah persoalan kualitas air.



Gambar 6. proses pemanenan (a) ikan dan sortir dan (b) tanaman hortikultura (kangkong)

Berikutnya, menurut keterangan mitra bahwa biaya operasional penerapan teknologi *aquaponic* sangat murah. Biaya listrik untuk menjalankan mesin air pada sistem resirkulasi hanya menghabiskan pulsa listrik Rp. 20.000,- jika mesin dinyalakan 12 jam (proses resirkulasi hanya berjalan dari pagi hingga sore hari). Jika mesin dinyalakan selama 24 jam setiap harinya, biaya operasi listrik hanya menghabiskan pulsa listrik Rp. 50.000,-. Kemudian jika dibandingkan dengan hasil panen, biaya operasional penerapan hidroponik sangat ekonomis. Panen pertama pada ikan sebanyak 26 Kg sementara panen

kangkung sebanyak 18 Kg (100 *net pot*) dan tanaman lain dalam proses pembesaran. Hasil ini Sebagian dijual oleh mitra sebagiannya lagi dimanfaatkan sendiri oleh anggota mitra sehingga biaya operasional *aquaponic* dapat tercover oleh sebagian hasil panen.

Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dan evaluasi (MonEv) merupakan salah satu tahapan kegiatan PPM IPTEKS yang diselenggarakan LPPM Universitas Bengkulu. Kegiatan MonEv ini bertujuan untuk memantau sejauh mana kegiatan PPM tim pengabdian kepada mitra. Pada kegiatan ini mitra, tim pengabdian dan tim MonEv berdiskusi mengenai penerapan teknologi *aquaponic* dalam memberikan efektifitas untuk produksi ikan dan tanaman hortukultura. Foto kegiatan MonEv ditunjukkan pada Gambar 7.

Selama kurun waktu 3 minggu, pertumbuhan tanaman sayur dengan metode *aquaponic* dengan memanfaatkan limbah budidaya ikan lele menunjukkan pertumbuhan yang sangat baik (Agustin dkk., 2018; Rahmadhani dkk., 2020). Rata-rata pertumbuhan tanaman kangkung per minggu sebanyak 15 cm. Sedangkan tanaman pokcoy tumbuh 13 cm per minggu. Tanaman yang kurang baik pertumbuhannya adalah bayam dengan pertumbuhan per minggu setinggi 8 cm. Pertumbuhan kangkung diduga akan lebih baik lagi pada masa tanam kedua, karena kandungan amonia dari limbah ikan lele dapat terurai sempurna pada masa tersebut (Delis dkk., 2022; Pratopo & Thoriq, 2021; Susanti dkk., 2021).



Gambar 7. foto proses monitoring dan evaluasi oleh reviewer dan tim LPPM Uniersitas Bengkulu

Penerapan metode *Recirculating Aquaculture Systems* mampu menurunkan kadar amonia dan nitrit berlebih yang dapat meracuni lele. Dengan metode ini, kualitas air kolam menjadi lebih bersih, tetap layak untuk

digunakan kembali untuk budidaya lele pada masa panen berikutnya, serta menghasilkan nutrisi yang baik bagi tanaman *aquaponic* (Susanti dkk., 2021). Sama seperti studi atau riset terdahulu, semua ikan yang dibudidaya dengan menggunakan sistem akuaponik memiliki ukuran yang relatif sama dan cenderung tidak berbau seperti lele dari hasil budidaya dengan teknik konvensional (Agustin dkk., 2018; Karimanzira & Rauschenbach, 2021; Pratopo & Thoriq, 2021). Hal ini dipengaruhi rendahnya kandungan amoniak dan sisa pakan dalam air kolam yang merupakan material utama yang menyebabkan perubahan fisika, biologi dan kimia air (Aich dkk., 2020; Karimanzira & Rauschenbach, 2021; Utami dkk., 2021) seperti kekeruhan dan aroma tidak sedap.

SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan PPM dalam penerapan *aquaponic* telah memberikan kemudahan dan hasil yang optimal kepada kelompok usaha bersama RT. 12, RW. 01, Kelurahan Sukamerindu Kecamatan Sungai Serut Kota Bengkulu. Pengetahuan mitra signifikan meningkat setelah dilakukan pendidikan, pelatihan dan pendampingan dalam menerapkan teknologi *aquaponic*. Penerapan teknologi *aquaponic* dirasa mudah dan memiliki biaya operasional yang sangat murah. Semua biaya operasional dapat tercover dengan hasil panen sehingga mitra sangat optimis penerapan teknologi *aquaponic* dapat dikembangkan lebih lanjut dan meningkatkan *income* bagi anggota kelompok usaha bersama.

Terbilang sukses pada awal penerapan teknologi *aquaponic* dan disertai tingginya minat mitra untuk mengembangkannya, maka kelompok usaha bersama ini perlu mendaftar sebagai kelompok usaha bersama secara resmi melalui dinas pertanian dan perikanan. Harapanny, kelompok usaha ini dapat memperoleh bantuan atau hibah UKM dari dinas terkait.

DAFTAR RUJUKAN

Agustin, S. S., Triyono, S., & Telaumbanua, M. (2018). Sistem Hidroponik Organik Dengan Memanfaatkan Limbah Effluent

- Biogas Industri Tapioka Dan Limbah Kolam Lele. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 6(3), 161. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v6i3.161-170>
- Aich, N., Nama, S., Biswal, A., & Paul, T. (2020). A Review on Recirculating Aquaculture Systems: Challenges and Opportunities for Sustainable Aquaculture. *Inno. Farm*, 5(1), 17–24. www.innovativefarming.in
- Amin, M., Agustono, A., Prayugo, P., Ali, M., & Hum, N. N. M. F. (2021). Comparison of total nutrient recovery in aquaponics and conventional aquaculture systems. *Open Agriculture*, 6(1), 682–688. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0032>
- Asni, Rahim, & Marwayanti. (2020). Sistem Akuaponik Dapat Meningkatkan Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Veteriner*, 21(36), 136–142. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2020.21.1.136>
- Buzby, K. M., & Lin, L. S. (2014). Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*, 63, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.09.002>
- Delis, P.C, Yuliana. D, Susanti. O, Fidyandini. H. P, Elisdiana. Y. (2022). Diseminasi Teknologi Budidaya Ikan Dan Sayuran Organik Dengan “Floating Raft Aquaponic System” Pada Kelompok Pembudidaya Ikan Di Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Sakai Sambayan*, 6(1), 12. <https://doi.org/10.23960/jss.v6i1.322>
- Hakim, R. R., & Hariyadi, H. (2021). Teknologi Akuaponik sebagai Solusi Kemandirian Pangan Keluarga di Kelompok Kampung Wolulus Kecamatan Turen Kabupaten Malang. *Amalee: Indonesian Journal of Community Research and Engagement*, 2(1), 43–52. <https://doi.org/10.37680/amalee.v2i1.643>
- Halim, A., & Pratamaningtyas, S. (2020). Penerapan Aquaponik Dan Pengembangan Budidaya Ikan Lele Pada Unit Usaha Pondok Pesantren Kota Malang. *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Services)*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.20473/jlm.v4i1.2020.1-7>
- Hapsari, B. M., Hutabarat, J., & Harwanto, D. (2020). Performa Kualitas Air, Pertumbuhan, dan Kelulushidupan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Sistem Akuaponik dengan Jenis Tanaman yang Berbeda. *Sains Akuakultur Tropis*, 4(1), 78–89. <https://doi.org/10.14710/sat.v4i1.6425>
- Karimanzira, D., & Rauschenbach, T. (2021). An intelligent management system for aquaponics. *At-Automatisierungstechnik*, 69(4), 345–350. <https://doi.org/10.1515/auto-2020-0036>
- Setijaningsih, L dan Suryaningrum, L. H. (2018). Pemanfaatan Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias batrachus*) untuk Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Sistem Resirkulasi [Utilization of Catfish (*Clarias batrachus*) Waste By Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Recirculation System]. *Berita Biologi*, 17(2), 91–223.
- Utami, N. R, Margareta R, Anggraito, Y. U, Partaya, S. (2021). IbM Penerapan Teknologi Akuaponik Untuk Mendukung Per- Tanian Perkotaan Di Perumahan Green Village Kel. Ngijo, Kec. Gunungpati Kota Semarang. *BERDAYA Indonesian Journal of Community Empowerment*, 1(1), 15–21.
- Nasution, M. I., & Prayogi, M. A. (2018). Pemberdayaan Masyarakat Dan Penerapan Teknologi Budidaya Ikan Lele Sebagai Usaha Warga Masyarakat Kota Binjai. *Khadimul Ummah*, 2(1). <https://doi.org/10.21111/ku.v2i1.2655>
- Nugroho, R. A., Pambudi, L. T., Chilmawati, D., & Haditomo, A. H. C. (2012). Aplikasi Teknologi Akuaponik Pada Budidaya Ikan Air Tawar Untuk Optimalisasi Kapasitas Produksi. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 8(1), 46–51. <https://doi.org/10.14710/IJFST.8.1.46-51>

- Prakosa, D. G. (2021). Pemanfaatan limbah kolam lele (*clarias sp.*) Sebagai pupuk organik dalam penerapan akuaponik. *Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan*, 12(2), 170–179.
<https://doi.org/10.35316/jsapi.v12i2.1449>
- Pratopo, L. H., & Thoriq, A. (2021). Produksi Tanaman Kangkung dan Ikan Lele dengan Sistem Akuaponik. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 9(1), 68.
<https://doi.org/10.35138/paspalum.v9i1.279>
- 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*, 14(01), 33.
<https://doi.org/10.19184/j-agt.v14i01.15481>
- 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 Aquaponics-Recirculating Aquaculture System (A-RAS) pada Budidaya Ikan Lele di Desa Kaliuntu Kabupaten Tuban. *Rekayasa*, 14(1), 121–127.
<https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10254>