

Pemanfaatan Pekarangan Melalui Budidaya Pangan Terpadu Berbasis Akuaponik di Desa Bube Baru Kabupaten Bone Bolango

Utilization of Home Gardens Through Integrated Aquaponic-Based Food Production in Bube Baru Village, Bone Bolango Regency

Juliana¹, Dewi Nuryanti Fazrin^{2*}, Zulkifli Arsalan MoO³

¹⁻²Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

³Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Penulis Korespondensi: dewhyfazrin@ung.ac.id

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 19 Agustus 2026

Revisi: 27 September 2026

Diterima: 11 Oktober 2026

Terbit: 14 Oktober 2026;

Keywords: *Aquaponics; Bube Baru; Community Empowerment; Home Garden; Integrated Food Production.*

Abstract: *Home gardens can serve as productive spaces for household food production, but their utilization is often constrained by limited space, technical knowledge, and access to appropriate cultivation technologies. This community service activity aimed to introduce a simple integrated food production model based on aquaponics as an alternative approach to utilizing home gardens in Bube Baru Village, Bone Bolango Regency. The activity applied a participatory approach consisting of initial identification, community introduction, demonstration, hands-on installation, mentoring, and reflection on program sustainability. The introduced system integrated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) and Lettuce (*Lactuca sativa*) using buckets, a water pump, PVC pipes, one liter recycled mineral-water bottles, and plastic cups. The activity resulted in a simple aquaponic model that can serve as a demonstration of utilizing limited spaces for integrated fish and vegetable production. The activity also provided participants with practical experience in understanding the relationships among fish, water, nutrients, plants, and water circulation. The model has potential to be gradually replicated as an alternative for diversifying household food production. Further development requires regular maintenance, water-quality management, appropriate fish feeding, and monitoring of fish and plant growth.*

Abstrak

Pemanfaatan pekarangan sebagai ruang produksi pangan rumah tangga masih menghadapi berbagai keterbatasan, terutama berkaitan dengan keterbatasan ruang, pengetahuan teknis, dan pemilihan teknologi budidaya yang mudah diterapkan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan memperkenalkan model budidaya pangan terpadu berbasis akuaponik sederhana sebagai alternatif pemanfaatan pekarangan di Desa Bube Baru, Kabupaten Bone Bolango. Metode kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif melalui identifikasi kondisi, sosialisasi, demonstrasi, praktik penyusunan instalasi, pendampingan, dan refleksi keberlanjutan. Sistem yang diperkenalkan mengintegrasikan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan selada (*Lactuca sativa*) menggunakan ember, pompa, pipa PVC, botol air mineral berukuran 1 liter, dan gelas plastik. Hasil kegiatan menunjukkan terbentuknya model akuaponik sederhana yang dapat menjadi contoh pemanfaatan ruang terbatas untuk menghasilkan ikan dan sayuran dalam satu sistem. Kegiatan juga memberikan pengalaman praktis kepada masyarakat dalam memahami hubungan antara ikan, air, nutrisi, tanaman, dan sirkulasi air. Model ini berpotensi dikembangkan secara bertahap sebagai alternatif diversifikasi produksi pangan rumah tangga. Keberlanjutan program memerlukan pemeliharaan instalasi, pengelolaan kualitas air, pemberian pakan yang tepat, serta pemantauan pertumbuhan ikan dan tanaman.

Kata Kunci: Akuaponik; Bube Baru; Pangan Terpadu; Pekarangan; Pemberdayaan Masyarakat.

1. PENDAHULUAN

Pekarangan rumah adalah salah satu sumber daya ruang yang bisa dimanfaatkan sebagai bagian dari aktivitas produksi pangan rumah tangga. Pemanfaatan ruang ini menjadi kian penting saat masyarakat menghadapi keterbatasan lahan produktif serta kebutuhan untuk mendapatkan sumber pangan yang dapat dihasilkan dekat dengan lingkungan tempat tinggal. Pengembangan pekarangan tidak perlu dilakukan dengan sistem pertanian konvensional yang memerlukan lahan relatif luas, melainkan dapat diarahkan pada teknologi produksi yang memanfaatkan ruang secara lebih efisien. Dalam konteks itu, pendekatan budidaya terpadu dapat menjadi salah satu pilihan untuk memadukan beberapa komoditas pada ruang yang terbatas.

Salah satu teknologi yang bisa dimanfaatkan adalah akuaponik, yakni sistem yang menghubungkan pemeliharaan ikan dengan budidaya tanaman melalui sirkulasi air. Air dari bagian pemeliharaan ikan membawa bahan hasil metabolisme dan sisa pakan yang selanjutnya dapat digunakan dalam proses produksi tanaman melalui rangkaian biologis dan pengelolaan sistem. Pada dasarnya, akuaponik memadukan prinsip akuakultur resirkulasi dan hidroponik sehingga produksi ikan dan tanaman dapat berlangsung dalam suatu sistem yang saling terhubung (Baganz et al., 2022; Okomoda et al., 2023).

Pengembangan akuaponik juga relevan dengan upaya diversifikasi produksi pangan sebab memungkinkan ikan dan sayuran dipelihara dalam ruang yang relatif terbatas. Obirikorang et al. (2021) menjelaskan bahwa akuaponik berkembang sebagai salah satu pendekatan produksi ikan dan tanaman yang dikaitkan dengan persoalan keterbatasan lahan, air, dan ketahanan pangan. Sementara itu, kajian mengenai sistem akuaponik di Indonesia memperlihatkan bahwa desain, efisiensi air dan nutrisi, serta karakteristik komoditas perlu disesuaikan dengan kondisi lokal agar sistem dapat diterapkan secara efektif (Tarigan et al., 2021).

Pemilihan ikan dan tanaman merupakan bagian penting dalam pengembangan sistem sederhana. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) banyak digunakan dalam berbagai sistem akuaponik, sementara selada (*Lactuca sativa*) juga termasuk tanaman yang sering dipakai pada kombinasi tersebut. Hussain et al. (2024), melalui telaah terhadap publikasi mengenai akuaponik nila–selada, menunjukkan bahwa kombinasi itu merupakan salah satu yang paling banyak digunakan, meskipun pengelolaan kepadatan ikan, pemberian pakan, rasio ikan dan tanaman, serta kondisi lingkungan tetap perlu diperhatikan. Sabwa et al. (2022) juga menunjukkan bahwa kepadatan ikan dapat berkaitan dengan kinerja ikan, tanaman, dan kualitas air dalam sistem akuaponik skala kecil.

Selain selada, kangkung (*Ipomoea aquatica*) merupakan tanaman yang relatif cocok untuk diperkenalkan dalam kegiatan budidaya masyarakat karena telah digunakan dalam berbagai pengembangan sistem akuaponik. Handayani et al. (2024) mengembangkan integrasi tanaman kangkung dengan ikan dalam sistem akuaponik dan menempatkan kualitas air sebagai salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sistem. Hal itu menunjukkan bahwa pemilihan tanaman dalam kegiatan masyarakat tidak hanya mempertimbangkan kemudahan budidaya, tetapi juga keterkaitannya dengan pengelolaan air dan komponen ikan.

Pada tingkat masyarakat, pemanfaatan pekarangan melalui teknologi budidaya sederhana telah diterapkan dalam berbagai kegiatan pengabdian. Hasanah et al. (2022) memperkenalkan budikdamber di pekarangan rumah warga Desa Jayagiri melalui tahapan persiapan, sosialisasi, praktik, pendampingan, dan evaluasi. Qomariah et al. (2022) juga mengembangkan teknologi akuaponik skala rumahan sebagai pendekatan untuk mendukung ketahanan pangan masyarakat Desa Tampingmojo. Kedua kegiatan itu menunjukkan bahwa penerapan teknologi sederhana menjadi lebih bermakna apabila disertai dengan praktik serta pendampingan secara langsung.

Pendekatan yang serupa diperlihatkan oleh Bahri et al. (2022), yang memakai penyuluhan, pelatihan, dan pendampingan untuk mengenalkan sistem akuaponik dan aeroponik kepada masyarakat. Budirahardjo dan Wibowo (2024) turut menunjukkan bahwa pemanfaatan ruang pekarangan melalui budidaya ikan dan sayuran dapat dikembangkan lewat pelatihan serta pendampingan secara intensif. Pengalaman itu menjadi dasar bahwa keberhasilan pengenalan teknologi kepada masyarakat tidak hanya bergantung pada ketersediaan perangkat, tetapi juga pada proses transfer pengetahuan, praktik, dan kesempatan bagi masyarakat untuk memahami cara mengoperasikan sistem.

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian di Desa Bube Baru diarahkan tidak semata-mata pada pembuatan instalasi akuaponik, melainkan pada pemanfaatan pekarangan sebagai ruang pembelajaran dan produksi pangan terpadu. Sistem yang dipakai dirancang secara sederhana dengan memanfaatkan ember sebagai wadah ikan, pompa dan pipa PVC untuk sirkulasi air, botol air mineral berukuran 1 liter sebagai bagian dari dudukan, serta gelas plastik sebagai wadah tanaman. Pendekatan ini diharapkan mampu memberi pengalaman praktis kepada masyarakat untuk memahami bahwa ruang yang terbatas tetap dapat dimanfaatkan bagi kegiatan produksi pangan melalui teknologi yang disesuaikan dengan sumber daya lokal.

Dengan demikian, tujuan kegiatan pengabdian ini adalah mengenalkan dan mempraktikkan model budidaya pangan terpadu berbasis akuaponik sederhana guna mengoptimalkan pemanfaatan pekarangan masyarakat Desa Bube Baru, sekaligus memperkuat pengetahuan dan pengalaman praktis masyarakat mengenai pengelolaan ikan, tanaman, air, dan sirkulasi dalam satu sistem. Fokus tersebut menempatkan masyarakat sebagai bagian yang aktif dalam proses pembelajaran dan penerapan teknologi, bukan sekadar sebagai penerima informasi.

2. METODE

Lokasi dan Subjek Pengabdian

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Desa Bube Baru, Kecamatan Suwawa, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Subjek kegiatan adalah masyarakat Desa Bube Baru yang mengikuti kegiatan pengenalan dan praktik budidaya pangan terpadu berbasis akuaponik. Kegiatan melibatkan 15 peserta masyarakat, dengan pendampingan oleh tim dosen dan mahasiswa serta dukungan pemerintah desa. Kegiatan dilaksanakan dengan menempatkan masyarakat sebagai subjek yang terlibat secara langsung dalam proses pengenalan teknologi. Pendekatan ini digunakan karena teknologi akuaponik sederhana tidak cukup hanya dijelaskan melalui materi, tetapi perlu dipahami melalui proses melihat, mencoba, merakit, dan mengoperasikan komponen sistem.

Pendekatan Pelaksanaan

Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan partisipatif-edukatif yang terdiri atas identifikasi kondisi, sosialisasi, demonstrasi, praktik langsung, pendampingan, dan refleksi keberlanjutan. Pendekatan partisipatif dipilih untuk memberikan kesempatan kepada masyarakat dalam memahami fungsi setiap komponen dan hubungan antarbagian dalam sistem.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Berbasis Partisipasi Masyarakat.

Demonstrasi dan Praktik Aquaponik

Model ini terdiri dari ember yang digunakan sebagai wadah untuk ikan nila, pompa air untuk mengalirkan sirkulasi air di dalam tangki, saluran masuk dari pipa PVC yang dipisahkan dari jalur masukan, serta badan penyangga menggunakan botol air mineral 1 liter (lebih dari 12 buah). Gelas plastik digunakan sebagai media tanam dan talang (saluran pengembalian air). Tanaman yang digunakan adalah Bayam Air (*Water Spinach*) dan Selada (*Lettuce*).

Bagaimana praktik dilakukan Anda akan memperkenalkan terlebih dahulu sebelum melakukan praktik bahwa setiap bagian memiliki fungsi, dan kemudian para peserta dari komunitas lokal mengunduh proses instalasi. Sebuah pompa mengalirkan air dari ember ke area tanaman, lalu air tersebut mengalir melalui saluran melewati zona akar tanaman dan disirkulasikan kembali oleh selang yang mengarah ke sistem pengembalian di dalam ember. Melalui metode ini, komunitas dapat mengamati secara visual keterkaitan antara wadah ikan, aliran air, tanaman, dan air yang kembali.

Pendampingan dan Evaluasi

Proses praktik itu sendiri melibatkan pendampingan untuk membantu orang mempelajari peralatan apa yang digunakan dan kebutuhan jumlah air, di mana tanaman seharusnya ditempatkan, serta bagaimana ikan biasanya dirawat; prinsip-prinsip dasar. Penilaian dilakukan secara kualitatif berdasarkan keterlibatan fisik peserta selama praktik, terkait pemahaman detail tertentu tentang fungsi komponen dan apakah mereka dapat menjelaskan kembali keterkaitan antara ikan, air, dan tanaman.

Penilaian kegiatan tidak menggunakan nilai pre-test dan post-test karena data kuantitatif tersebut tidak tersedia. Akibatnya, luaran pengabdian kepada masyarakat ini dijelaskan secara kronologis berdasarkan proses pelaksanaannya serta aspek fisik, berdasarkan pengalaman, dan potensi keberlanjutan yang diturunkan dari kegiatan-kegiatan tersebut.

3. HASIL

Mengubah Cara Pandang terhadap Pekarangan sebagai Ruang Produksi

Temuan awal dari kegiatan ini memperlihatkan bahwa pekarangan bisa diposisikan bukan sekadar sebagai area di sekitar rumah, melainkan juga sebagai ruang yang berpotensi untuk kegiatan produksi pangan pada skala rumah tangga. Gagasan ini diperkenalkan kepada warga melalui penjelasan sekaligus demonstrasi bahwa budidaya ikan dan sayuran dapat ditempatkan dalam satu sistem yang tidak memerlukan lahan pertanian yang luas.

Pendekatan ini dinilai penting sebab pemanfaatan pekarangan dengan teknologi sederhana mampu menyediakan pilihan bagi masyarakat untuk memproduksi pangan secara bertahap. Hasil kegiatan ini tidak dimaksudkan untuk mengklaim bahwa satu unit akuaponik dapat mencukupi seluruh kebutuhan pangan rumah tangga, melainkan menawarkan alternatif diversifikasi produksi pangan yang dapat dikembangkan sesuai kapasitas tiap rumah tangga.

Pengenalan Sistem Budidaya Pangan Terpadu

Pada tahap sosialisasi, konsep keterkaitan antara ikan dan tanaman dalam satu sistem mulai dikenalkan. Masyarakat diajak memahami bahwa ikan menghasilkan sisa metabolisme dan sisa pakan yang turut menyumbang beban nutrisi dalam air, sementara tanaman berperan dalam sistem yang memanfaatkan nutrisi tersebut.

Konsep itu selanjutnya diterjemahkan ke dalam bentuk sistem sederhana, sehingga masyarakat tidak hanya menerima penjelasan yang bersifat teoritis. Hal ini sejalan dengan prinsip akuaponik sebagai sistem yang menghubungkan akuakultur dan produksi tanaman melalui aliran air serta proses biologis yang saling berkaitan (Baganz et al., 2022; Okomoda et al., 2023).

Pembuatan Dudukan Tanaman

Salah satu luaran teknis dari kegiatan ini adalah tersusunnya dudukan tanaman yang memanfaatkan botol air mineral berukuran 1 liter sebagai bagian dari konstruksinya. Botol tersebut dimanfaatkan sebagai bahan adaptasi untuk membantu membentuk susunan wadah tanaman dalam sistem.

Pemanfaatan bahan sederhana ini memberi pengalaman kepada masyarakat bahwa konstruksi akuaponik tidak selalu harus memakai komponen komersial yang rumit. Akan tetapi, bahan yang dipakai perlu dalam kondisi bersih dan aman serta tidak pernah digunakan untuk menyimpan bahan kimia berbahaya. Penggunaan kembali material dalam sistem sederhana juga harus dipertimbangkan bersama aspek keamanan, ketahanan, dan kemudahan pemeliharaan.

Penempatan Gelas Plastik sebagai Wadah Tanaman

Gelas plastik dimanfaatkan sebagai wadah tanaman kangkung dan selada. Pemasangannya dilakukan dengan mengatur posisi gelas agar bagian akar dapat mengakses air yang dialirkan dalam sistem. Tahapan ini memberikan pengalaman praktis mengenai prinsip dasar penempatan tanaman dalam sistem tanpa tanah. Masyarakat bisa menyaksikan bahwa sayuran tidak perlu ditanam langsung di tanah, melainkan dapat diletakkan dalam wadah khusus dengan bantuan air serta nutrisi yang memadai.

Penyusunan Sirkulasi Air

Salah satu komponen kunci dalam model ini adalah sistem sirkulasi air yang memanfaatkan pompa. Air dari ember ikan dialirkan lewat pipa PVC menuju bagian tanaman. Setelah melewati bagian tanaman, air dialirkan melalui talang yang dipasang dengan kemiringan tertentu supaya bisa kembali ke ember. Model ini menunjukkan prinsip coupling dalam akuaponik, yakni keterkaitan antara subsistem pemeliharaan ikan dan produksi tanaman melalui aliran air dan nutrisi (Baganz et al., 2022). Sistem sirkulasi juga memegang peranan penting dalam menjaga kondisi lingkungan budidaya sebab air berfungsi sebagai media penghubung antara ikan, mikroorganisme, dan tanaman.

Integrasi Ikan Nila dan Tanaman

Ikan yang dipakai dalam model ini adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*), sementara tanaman yang diperkenalkan adalah kangkung dan selada. Pemilihan ikan nila berkaitan dengan berbagai sistem akuaponik karena spesies ini banyak dimanfaatkan dalam penelitian dan pengembangan akuaponik. Hussain et al. (2024) memperlihatkan bahwa nila merupakan spesies yang dominan dalam literatur mengenai kombinasi nila dan selada.

Kombinasi ini juga memberi kesempatan bagi masyarakat untuk memahami bahwa produksi pangan dapat dilakukan melalui dua kelompok komoditas dalam satu sistem. Ikan menyediakan produk pangan sumber protein, sedangkan tanaman menghasilkan sayuran. Akan tetapi, hasil produksi aktual berupa berat ikan atau berat panen tanaman belum diukur dalam kegiatan ini, sehingga artikel tidak menyampaikan klaim kuantitatif mengenai produktivitas.

Pengalaman Praktik Masyarakat

Keterlibatan masyarakat tidak berhenti pada tahap mendengarkan penjelasan, tetapi berlanjut dengan praktik pemasangan komponen. Peserta mendapat kesempatan untuk menyaksikan cara menyusun bagian wadah ikan, dudukan tanaman, gelas tanaman, pipa, pompa, dan saluran pengembalian air. Pendekatan praktik tersebut penting dalam kegiatan pengabdian sebab keterampilan penggunaan teknologi lebih mudah berkembang ketika masyarakat berhadapan langsung dengan perangkat. Pengalaman dari kegiatan sejenis menunjukkan bahwa sosialisasi yang dilanjutkan dengan praktik dan pendampingan dapat menolong masyarakat mengenali teknologi serta peluang penerapannya pada ruang terbatas (Bahri et al., 2022; Budirahardjo & Wibowo, 2024).

Luaran Kegiatan

Hasil utama dari kegiatan ini adalah model atau prototipe akuaponik sederhana yang memadukan ikan nila, kangkung, dan selada. Di samping luaran fisik itu, kegiatan ini juga memberikan pengalaman belajar kepada masyarakat tentang cara merakit instalasi serta prinsip sirkulasi air. Luaran lainnya adalah dokumentasi kegiatan dan model yang bisa dijadikan contoh untuk mengembangkan unit serupa di rumah tangga. Model itu dapat dikembangkan secara bertahap sesuai dengan kondisi pekarangan, kemampuan pemeliharaan, dan ketersediaan bahan.

4. PEMBAHASAN

Akuaponik sebagai Pendekatan Budidaya Pangan Terpadu

Hasil kegiatan di Desa Bube Baru memperlihatkan bahwa penerapan akuaponik sederhana dapat dijadikan salah satu pendekatan budidaya pangan terpadu pada ruang yang terbatas. Sistem yang diperkenalkan menyatukan pemeliharaan ikan nila dengan budidaya kangkung dan selada melalui sirkulasi air. Dengan begitu, kegiatan ini bukan sekadar memperkenalkan teknik pemeliharaan ikan atau tanaman secara terpisah, melainkan memperkenalkan cara memandang kegiatan produksi pangan sebagai suatu sistem yang tersusun dari beberapa komponen yang saling berhubungan. Konsep itu sejalan dengan prinsip dasar akuaponik yang memadukan akuakultur dengan produksi tanaman melalui sistem resirkulasi air dan pemanfaatan kembali sumber daya di dalam sistem. Baganz et al. (2022) menguraikan bahwa karakter utama akuaponik terletak pada coupling atau keterhubungan antara komponen budidaya ikan dan tanaman, sementara Okomoda et al. (2023) menempatkan integrasi akuakultur resirkulasi dan hidroponik sebagai dasar sistem akuaponik.

Dalam konteks kegiatan pengabdian, keterpaduan itu menjadi penting sebab masyarakat tidak hanya dikenalkan pada produk akhir berupa instalasi, tetapi juga pada mekanisme yang membuat sistem tersebut dapat bekerja. Air dari wadah ikan dialirkan dengan pompa menuju bagian tanaman, lalu melewati area perakaran sebelum dialirkan kembali melalui talang menuju ember. Aliran itu memberi gambaran konkret tentang hubungan antara ikan, air, tanaman, dan lingkungan mikroorganisme yang ada dalam sistem. Proses pembelajaran seperti ini membuat teknologi lebih mudah dikaitkan dengan aktivitas sehari-hari karena masyarakat dapat menyaksikan langsung bagaimana satu komponen memengaruhi komponen lainnya.

Pemanfaatan Pekarangan sebagai Ruang Produktif

Salah satu aspek penting dari kegiatan ini adalah perubahan cara pandang terhadap pekarangan. Pekarangan tidak lagi hanya dipahami sebagai ruang kosong atau area di sekitar rumah, tetapi dapat dikembangkan menjadi ruang produktif untuk menghasilkan sebagian kebutuhan pangan. Pendekatan itu relevan terutama bagi rumah tangga yang tidak memiliki lahan pertanian yang luas. Melalui instalasi sederhana, produksi ikan dan sayuran dapat ditempatkan pada ruang yang relatif terbatas sehingga pemanfaatan pekarangan tidak harus bergantung pada sistem budidaya konvensional berbasis lahan.

Pemanfaatan pekarangan melalui akuaponik juga berkaitan dengan isu diversifikasi pangan. Obirikorang et al. (2021) menjelaskan bahwa perkembangan akuaponik terkait dengan kebutuhan untuk menghasilkan ikan dan tanaman pada kondisi keterbatasan lahan dan sumber daya air serta dalam konteks ketahanan pangan. Namun, dalam kegiatan Desa Bube Baru, kontribusi terhadap ketahanan pangan perlu ditempatkan secara proporsional. Unit akuaponik yang diperkenalkan belum dapat dinyatakan mampu memenuhi seluruh kebutuhan pangan rumah tangga karena pengukuran produksi dan kontribusi terhadap konsumsi keluarga belum dilakukan. Karena itu, hasil kegiatan lebih tepat dimaknai sebagai alternatif diversifikasi produksi pangan rumah tangga melalui pemanfaatan pekarangan.

Pendekatan ini selaras dengan beragam program pengabdian yang memanfaatkan ruang pekarangan sebagai tempat penerapan teknologi produksi pangan. Budirahardjo dan Wibowo (2024), contohnya, mengembangkan pemanfaatan ruang pekarangan lewat budidaya ikan serta tanaman yang dilengkapi pelatihan dan pendampingan. Hasanah et al. (2022) turut membuktikan bahwa budidaya ikan dalam ember bisa diterapkan di pekarangan warga sebagai salah satu cara mendukung produksi pangan keluarga. Kesamaan dari beragam kegiatan itu terletak pada pemanfaatan ruang yang ada dan pemberian keterampilan yang dapat langsung dipraktikkan masyarakat.

Pemilihan Ikan Nila dan Tanaman Sayuran

Pemilihan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dalam kegiatan ini mempertimbangkan kesesuaiannya sebagai komoditas ikan air tawar yang dipakai pada berbagai sistem akuaponik. Sementara itu, kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan selada (*Lactuca sativa*) dimanfaatkan sebagai tanaman yang menjadi bagian dari sistem produksi sayuran. Kombinasi tersebut membuat masyarakat dapat memahami konsep produksi pangan yang memadukan sumber protein hewani dan sayuran dalam satu unit.

Penggunaan ikan nila dan selada juga didukung oleh penelitian sebelumnya. Sabwa et al. (2022) menguji sistem akuaponik skala kecil yang memadukan nila dan selada pada beberapa tingkat kepadatan ikan. Hasil penelitian itu memperlihatkan bahwa kepadatan ikan berkaitan dengan pertumbuhan ikan, biomassa selada, dan kondisi kualitas air. Temuan tersebut menunjukkan bahwa dalam pengembangan akuaponik, jumlah ikan dan tanaman tidak bisa ditetapkan sembarangan karena keduanya harus seimbang dengan kapasitas sistem.

Kangkung dipilih sebagai tanaman pendamping karena berkaitan dengan pengembangan pangan rumah tangga dan dapat diperkenalkan melalui sistem yang sederhana. Penelitian tentang integrasi kangkung dan ikan nila juga memperlihatkan bahwa tanaman dan ikan dapat ditempatkan dalam sistem yang saling terhubung. Dengan demikian, kombinasi tiga komoditas dalam kegiatan ini menyediakan pendekatan yang lebih beragam daripada sistem yang hanya memakai satu jenis tanaman. Meski demikian, penelitian lanjutan masih dibutuhkan untuk menetapkan komposisi jumlah ikan dan tanaman yang paling cocok dengan ukuran instalasi yang digunakan masyarakat.

Keseimbangan Ikan, Tanaman, Pakan, dan Nutrien

Salah satu aspek yang perlu dicermati dari hasil kegiatan adalah bahwa keberhasilan akuaponik tidak hanya bergantung pada adanya pompa dan aliran air. Sistem memerlukan keseimbangan antara jumlah ikan, pemberian pakan, produksi limbah metabolik, aktivitas mikroorganisme, kebutuhan nutrien tanaman, dan kapasitas sirkulasi. Ketidakseimbangan pada salah satu komponen dapat memengaruhi kondisi komponen lainnya.

Sabwa et al. (2022) memperlihatkan bahwa kepadatan ikan memengaruhi performa sistem nila–selada. Studi tersebut menunjukkan bahwa kepadatan yang lebih tinggi dapat menambah ketersediaan nutrien bagi tanaman, namun di sisi lain pengelolaan kualitas air menjadi makin krusial. Ini mengindikasikan bahwa semakin besar input ikan dan pakan, semakin besar pula tuntutan sistem untuk menangani beban organik dan nutrien.

Implikasinya bagi kegiatan di Desa Bube Baru ialah masyarakat perlu menyadari bahwa penambahan ikan tidak serta-merta membuat produksi tanaman meningkat. Jumlah ikan harus disesuaikan dengan kapasitas wadah, volume air, luas tanaman, kemampuan sirkulasi, serta kapasitas sistem dalam mengelola nutrisi. Karena itu, pengembangan unit sebaiknya dilaksanakan secara bertahap. Pendekatan bertahap ini juga memberi kesempatan bagi masyarakat untuk mendapatkan pengalaman terlebih dahulu sebelum memperbesar skala instalasi.

Sirkulasi Air sebagai Komponen Utama Sistem

Sirkulasi air merupakan bagian yang amat penting dalam model yang diterapkan sebab air berperan sebagai media penghubung antara wadah ikan dan tanaman. Pada sistem yang diperkenalkan, pompa mengalirkan air dari ember menuju bagian tanaman melalui pipa PVC. Setelah melewati bagian tanaman, air dialirkan kembali melalui talang menuju ember. Dengan begitu, aliran air tidak sekadar memindahkan air, tetapi juga menjadi bagian dari mekanisme integrasi sistem.

Prinsip ini sejalan dengan konsep coupled aquaponics, yakni keterkaitan antara sistem pemeliharaan ikan dan tanaman melalui aliran air. Keterkaitan tersebut memungkinkan bahan dari sistem ikan masuk ke bagian tanaman, lalu air kembali ke unit pemeliharaan. Oleh sebab itu, fungsi pompa, pipa, kemiringan talang, dan posisi wadah tanaman perlu diperhatikan karena gangguan pada salah satu bagian dapat berdampak pada keseluruhan sistem.

Dalam konteks pemberdayaan masyarakat, pemahaman tentang sirkulasi air juga termasuk salah satu keterampilan praktis yang penting. Masyarakat dapat memahami bahwa akuaponik memerlukan pengelolaan teknis secara rutin, seperti memastikan pompa bekerja, saluran tidak tersumbat, air tetap mengalir, dan posisi instalasi tidak membuat air keluar dari sistem. Dengan demikian, keberhasilan teknologi tidak berhenti pada pembuatan instalasi, melainkan bergantung pada kemampuan pemeliharaan setelah kegiatan berakhir.

Pengelolaan Kualitas Air

Kualitas air adalah aspek yang sangat menentukan keberlanjutan sistem akuaponik. Chandramenon et al. (2024) menegaskan bahwa pemeliharaan kualitas air yang tepat merupakan salah satu faktor krusial bagi produktivitas dan keberlanjutan akuaponik. Kualitas air dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti sumber air, sirkulasi, tingkat penggantian air, beban ikan, pakan, serta proses biologis yang terjadi di dalam sistem.

Hasil kegiatan di Desa Bube Baru memberi landasan bagi masyarakat untuk memahami betapa pentingnya kualitas air, namun kegiatan tersebut belum melakukan pengukuran kuantitatif secara rutin terhadap pH, suhu, oksigen terlarut, amonia, nitrit, dan nitrat. Oleh

karena itu, pembahasan tidak diarahkan pada klaim bahwa kualitas air sudah berada dalam kondisi optimum. Sebaliknya, kegiatan ini merupakan tahap awal untuk memperkenalkan pentingnya pemantauan air sebagai bagian dari pemeliharaan sistem.

Pada tahap selanjutnya, pengukuran kualitas air dapat dilakukan dengan alat sederhana yang tersedia di masyarakat. Pengembangan lebih lanjut bahkan dapat diarahkan pada pemanfaatan sensor dan teknologi digital. Chandramenon et al. (2024) menunjukkan bahwa sensor, Internet of Things, otomasi, dan teknologi berbasis data berpeluang meningkatkan kemampuan monitoring kualitas air. Akan tetapi, untuk skala rumah tangga di Desa Bube Baru, penggunaan teknologi tersebut sebaiknya dilakukan secara bertahap setelah masyarakat menguasai prinsip dasar pemeliharaan sistem.

Peran Mikroorganisme dalam Keseimbangan Sistem

Akuaponik bukan sekadar hubungan sederhana antara ikan dan tanaman. Di antara kedua komponen itu terdapat proses biologis yang melibatkan mikroorganisme. Sisa metabolisme ikan dan bahan organik dalam sistem mengalami transformasi yang memungkinkan sebagian unsur nutrisi berubah menjadi bentuk yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Oleh sebab itu, keberadaan dan aktivitas mikroorganisme merupakan bagian penting dari fungsi sistem.

Dalam praktik pengabdian, penjelasan mengenai mikroorganisme perlu disampaikan secara sederhana agar dapat dipahami masyarakat. Masyarakat perlu mengetahui bahwa air dalam akuaponik tidak hanya berperan sebagai media untuk memindahkan nutrisi, tetapi juga menjadi lingkungan tempat berlangsungnya proses biologis. Karena itu, pengelolaan sistem harus menghindari tindakan yang dapat mengganggu keseimbangan biologis, termasuk pemakaian bahan yang tidak sesuai atau perubahan kondisi air secara ekstrem.

Aspek tersebut menjadi salah satu alasan mengapa keberlanjutan sistem memerlukan pemantauan dan pendampingan. Nair et al. (2025) menempatkan komunitas mikroba, biofiltrasi, kualitas air, manajemen pakan, dan pengelolaan nutrisi sebagai bagian penting dalam pengembangan akuaponik yang berkelanjutan. Dengan demikian, keterampilan masyarakat dalam memelihara sistem perlu dikembangkan tidak hanya pada aspek fisik instalasi, tetapi juga pada pemahaman proses biologis yang berlangsung di dalamnya.

Pemanfaatan Bahan Sederhana sebagai Adaptasi Teknologi

Pemakaian botol air mineral berukuran 1 liter serta gelas plastik dalam kegiatan ini memperlihatkan adanya adaptasi teknologi yang bertumpu pada bahan yang relatif mudah ditemukan. Pendekatan itu penting dalam kegiatan pengabdian sebab teknologi yang diperkenalkan kepada masyarakat harus mempertimbangkan keterjangkauan dan kemampuan

masyarakat untuk memperoleh komponennya.

Meski demikian, penggunaan kembali bahan tidak seharusnya hanya bertumpu pada pertimbangan murah atau mudah didapat. Bahan yang dipakai harus bersih, aman, dan tidak pernah digunakan untuk menyimpan bahan berbahaya. Selain itu, konstruksi perlu dibangun cukup kuat supaya tidak mengganggu aliran air atau membahayakan ikan dan tanaman.

Dari sudut pandang keberlanjutan, pemanfaatan material lokal dapat menekan ketergantungan pada komponen yang sulit diperoleh. Akan tetapi, keberlanjutan juga harus memperhitungkan umur pakai bahan, kebutuhan penggantian, energi yang dipakai untuk menjalankan pompa, serta biaya pemeliharaan. David et al. (2022) menunjukkan bahwa penilaian keberlanjutan akuaponik perlu memperhitungkan berbagai input material dan energi, bukan sekadar aspek penghematan air.

Akuaponik dan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya

Salah satu karakter menarik dari akuaponik adalah penggunaan kembali air melalui sistem resirkulasi. Air tidak langsung dibuang setelah dipakai dalam pemeliharaan ikan, melainkan dialirkan ke tanaman dan kemudian dikembalikan ke wadah ikan. Pola tersebut membuka peluang untuk memanfaatkan sumber daya air secara lebih efisien dibandingkan sistem yang mengandalkan pembuangan air terus-menerus.

Namun, efisiensi penggunaan air bukan berarti sistem tidak memerlukan penambahan atau penggantian air sama sekali. Kehilangan air tetap bisa terjadi akibat penguapan, penyerapan tanaman, kebocoran, dan proses pemeliharaan lainnya. Chandramenon et al. (2024) bahkan menekankan pentingnya menetapkan tingkat penambahan atau penggantian air secara hati-hati demi menjaga kualitas sistem.

Dalam konteks Desa Bube Baru, prinsip efisiensi tersebut diperkenalkan melalui praktik sirkulasi air. Karena data pengukuran volume air yang digunakan dan perbandingannya dengan sistem lain belum tersedia, kegiatan ini belum dapat menyatakan tingkat efisiensi air secara numerik. Pengukuran volume air dan frekuensi penambahan air dapat menjadi salah satu indikator yang disarankan bagi kegiatan lanjutan.

Akuaponik sebagai Media Pemberdayaan Masyarakat

Nilai utama dari kegiatan pengabdian ini tidak sekadar terletak pada instalasi yang dihasilkan, melainkan juga pada proses pelibatan masyarakat dalam memahami dan mencoba teknologi. Masyarakat mendapat kesempatan untuk menyaksikan langsung bagaimana sistem bekerja, mengenali komponennya, mengikuti tahap pemasangan, serta memahami kebutuhan pemeliharaannya. Dengan begitu, teknologi menjadi media pembelajaran yang menjembatani pengetahuan dan praktik.

Pendekatan itu selaras dengan kegiatan pengabdian sebelumnya yang menjadikan pelatihan, praktik, dan pendampingan sebagai bagian dari proses penerapan teknologi. Bahri et al. (2022) memperlihatkan penerapan pendekatan pelatihan dan pendampingan dalam pengembangan sistem akuaponik dan aeroponik, sementara Budirahardjo dan Wibowo (2024) mengembangkan pemanfaatan pekarangan melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan. Temuan tersebut menegaskan pentingnya proses interaksi langsung antara tim pengabdian dan masyarakat.

Dalam kegiatan Desa Bube Baru, keterlibatan masyarakat lebih tepat dipahami sebagai proses pembentukan pengalaman dan kapasitas awal, bukan sebagai bukti bahwa semua peserta telah mampu mengembangkan unit secara mandiri. Untuk menyatakan adanya perubahan keterampilan secara kuantitatif dibutuhkan evaluasi dengan instrumen yang terukur, misalnya pre-test dan post-test atau penilaian kemampuan praktik. Data seperti itu belum tersedia dalam kegiatan ini, sehingga kesimpulan mengenai perubahan pengetahuan disusun secara deskriptif.



Gambar 2. Pelaksanaan sosialisasi dan demonstrasi teknologi akuaponik skala rumah tangga kepada masyarakat Desa Bube Baru.

Potensi Replikasi pada Tingkat Rumah Tangga

Model akuaponik yang diperkenalkan berpeluang untuk direplikasi karena memakai komponen yang relatif sederhana. Masyarakat yang memiliki lahan pekarangan terbatas dapat menyesuaikan ukuran instalasi dengan kondisi rumah masing-masing. Replikasi tidak harus memakai desain yang identik, sebab susunan wadah, ukuran ember, jumlah tanaman, dan

kapasitas ikan dapat disesuaikan asalkan prinsip dasar sistem tetap dipertahankan.



Gambar 3. Tahapan perakitanudukan tanaman, pemasangan wadah tanaman, dan penyusunan sistem sirkulasi akuaponik sederhana.

Akan tetapi, replikasi perlu dilakukan dengan hati-hati. Penambahan jumlah ikan tanpa memperhitungkan kapasitas air dan tanaman dapat menambah beban sistem. Sebaliknya, jumlah tanaman yang terlalu sedikit juga bisa menimbulkan ketidakseimbangan pemanfaatan nutrisi. Penelitian Sabwa et al. (2022) menunjukkan bahwa kepadatan ikan berkaitan dengan performa ikan, tanaman, dan kualitas air, sehingga penyesuaian kapasitas sistem menjadi penting.

Dengan demikian, strategi pengembangan yang lebih realistis adalah mempertahankan satu unit percontohan terlebih dahulu, melakukan pemantauan, lalu memperluas unit apabila masyarakat sudah memahami pengelolaannya. Pendekatan bertahap itu juga memungkinkan masyarakat mengevaluasi biaya, kebutuhan tenaga, penggunaan listrik, kondisi ikan, pertumbuhan tanaman, dan hasil panen sebelum melakukan pengembangan yang lebih besar.

Keberlanjutan Program

Keberlanjutan merupakan salah satu tantangan pokok dalam penerapan teknologi pengabdian. Instalasi yang berhasil dibangun selama kegiatan belum bisa disebut berkelanjutan jika tidak dipelihara dan dimanfaatkan setelah kegiatan selesai. Nair et al. (2025) menguraikan bahwa walaupun akuaponik berpotensi menjadi sistem produksi yang berkelanjutan, tetap ada tantangan terkait kualitas air, keseimbangan nutrisi, manajemen pakan, energi, biaya awal, dan pengelolaan sistem.

Maka dari itu, keberlanjutan di Desa Bube Baru perlu diarahkan pada penguatan kapasitas masyarakat untuk merawat unit yang sudah dibuat. Pemeliharaan bisa dimulai dari langkah sederhana, misalnya pemeriksaan pompa, kebersihan saluran, pemberian pakan sesuai kebutuhan, pengamatan kondisi ikan, pengamatan tanaman, dan pemeriksaan air. Pendekatan itu lebih realistis untuk tahap awal daripada langsung mengembangkan teknologi otomatis yang menuntut kemampuan teknis dan biaya tambahan.



Gambar 4. Prototipe sistem akuaponik sederhana yang mengintegrasikan wadah ikan nila dan tanaman sayuran.

Keberlanjutan juga dapat diperkuat lewat pencatatan sederhana. Masyarakat dapat mencatat tanggal penebaran ikan, jumlah pakan, kondisi ikan, pertumbuhan tanaman, waktu panen, jumlah hasil panen, dan kebutuhan air. Catatan tersebut akan menghasilkan informasi yang dapat dipakai untuk menilai apakah sistem layak dikembangkan lebih lanjut. Dengan begitu, pengabdian tidak berhenti pada transfer teknologi, tetapi dapat tumbuh menjadi proses pembelajaran berbasis pengalaman masyarakat.

Aspek Keamanan dan Higiene Pangan

Karena sistem ini diarahkan untuk menghasilkan pangan, aspek kebersihan harus menjadi bagian dari pembahasan. Peralatan, wadah, air, dan bahan yang bersentuhan dengan sistem perlu dijaga kebersihannya. Penggunaan kembali botol dan gelas plastik harus dilakukan secara selektif, terutama memastikan bahwa bahan tersebut tidak pernah dipakai untuk menyimpan bahan kimia berbahaya.

Aspek ini penting karena akuaponik memiliki keterkaitan langsung dengan produksi pangan. Vermeersch et al. (2025) menekankan pentingnya praktik higiene dan keamanan pangan dalam sistem akuaponik perkotaan. Oleh sebab itu, kegiatan pengabdian selanjutnya perlu memberikan materi tambahan mengenai sanitasi, kebersihan alat, penanganan hasil panen, dan keamanan air agar teknologi tidak hanya mudah diterapkan tetapi juga mendukung produksi pangan yang aman.

Implikasi bagi Pengembangan Kegiatan Pengabdian Selanjutnya

Hasil kegiatan memberikan sejumlah peluang pengembangan. Pertama, kegiatan berikutnya dapat memakai indikator kuantitatif untuk mengukur pertumbuhan ikan dan tanaman. Kedua, kualitas air dapat diukur secara rutin sehingga keterkaitan antara kondisi air dan pertumbuhan komoditas dapat teridentifikasi. Ketiga, aspek ekonomi dapat dihitung melalui biaya pembuatan instalasi, biaya pakan, pemakaian listrik, biaya pemeliharaan, serta nilai hasil panen.

Keempat, evaluasi sosial dapat dikembangkan dengan mengukur pengetahuan dan keterampilan masyarakat sebelum dan sesudah kegiatan berlangsung. Kelima, tingkat keberlanjutan dapat dinilai berdasarkan jumlah unit yang masih aktif setelah beberapa bulan dan banyaknya rumah tangga yang melakukan replikasi. Indikator tersebut akan menjadikan kegiatan pengabdian berikutnya memiliki bukti capaian yang lebih kuat dan dapat dibandingkan antarperiode.

5. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian di Desa Bube Baru menghasilkan sebuah model budidaya pangan terpadu yang berbasis akuaponik sederhana, yang memadukan pemeliharaan ikan nila dengan penanaman kangkung dan selada. Sistem ini memakai komponen yang cukup sederhana, yakni ember, pompa, pipa PVC, botol air mineral ukuran 1 liter, gelas plastik, serta talang sebagai bagian dari sirkulasi air. Model tersebut menjadi contoh bahwa pekarangan bisa dimanfaatkan sebagai ruang produksi pangan dengan teknologi yang disesuaikan dengan kondisi dan sumber daya masyarakat.

Kegiatan ini juga memberi pengalaman praktis kepada masyarakat tentang keterkaitan antara ikan, air, nutrisi, tanaman, dan sirkulasi. Pendekatan sosialisasi yang kemudian dilanjutkan dengan demonstrasi dan praktik membuat masyarakat dapat berinteraksi langsung dengan komponen teknologi. Pada tahap ini, keberhasilan kegiatan lebih tepat dipahami sebagai terbentuknya model percontohan dan transfer pengalaman, bukan sebagai bukti peningkatan produktivitas pangan secara kuantitatif karena data hasil panen dan pertumbuhan belum dikumpulkan.

Keberlanjutan program diarahkan melalui pemeliharaan unit percontohan, pemantauan kualitas air, pengelolaan pakan, perawatan tanaman, dan kemungkinan replikasi oleh rumah tangga. Evaluasi lanjutan perlu memakai indikator yang lebih terukur, seperti kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan, pertumbuhan tanaman, jumlah dan berat panen, penggunaan air, biaya operasional, serta jumlah rumah tangga yang mengadopsi teknologi. Dengan

pengembangan tersebut, pemanfaatan pekarangan berbasis akuaponik dapat menjadi salah satu alternatif diversifikasi produksi pangan yang lebih terukur dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan yang diberikan terhadap pelaksanaan KKN Tematik Tahap II Tahun 2026. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Gorontalo atas fasilitasi serta koordinasi pelaksanaan KKN Tematik Tahap II di Kabupaten Bone Bolango. Penghargaan diberikan kepada Pemerintah Kabupaten Bone Bolango, terutama Dinas Pemberdayaan Masyarakat dan Desa (DPMD), atas dukungan dan fasilitasi kegiatan tersebut. Terima kasih juga diucapkan kepada Pemerintah Desa Bube Baru, Kecamatan Suwawa, masyarakat Desa Bube Baru, dosen pembimbing lapangan, serta mahasiswa KKN Tematik Tahap II Universitas Negeri Gorontalo atas partisipasi dan dukungan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini.

DAFTAR REFERENSI

- Atique, F., Lindholm-Lehto, P., & Pirhonen, J. (2022). Is aquaponics beneficial in terms of fish and plant growth and water quality in comparison to separate recirculating aquaculture and hydroponic systems? *Water*, 14(9), Article 1447. <https://doi.org/10.3390/w14091447>
- Baganz, G. F. M., Junge, R., Portella, M. C., Goddek, S., Keesman, K. J., Baganz, D., & Staaks, G. (2022). The aquaponic principle—It is all about coupling. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 252–264. <https://doi.org/10.1111/raq.12596>
- Bahri, A., Ashar, J. R., Ramly, Z. A., Al-Ghifari, A. W. F., Ainun, N. A., Arisandi, Y., & Hidayat, W. (2022). Increasing community food security through aquaponic and aeroponic cultivation. *Journal of Community Service and Empowerment*, 3(3), 122–131. <https://doi.org/10.22219/jcse.v3i3.22806>
- Budirahardjo, S., & Wibowo, S. (2024). Optimizing yard space for independent food security in Kebonbatur Village. *Community Empowerment*, 9(6), 935–941. <https://doi.org/10.31603/ce.11552>
- Chandramenon, P., Aggoun, A., & Tchuenbou-Magaia, F. (2024). Smart approaches to Aquaponics 4.0 with focus on water quality—Comprehensive review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 225, Article 109256. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109256>
- David, L. H., Pinho, S. M., Agostinho, F., Costa, J. I., Portella, M. C., Keesman, K. J., & Garcia, F. (2022). Sustainability of urban aquaponics farms: An emergy point of view. *Journal of Cleaner Production*, 331, Article 129896. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129896>

- Dinev, T., Velichkova, K., Stoyanova, A., & Sirakov, I. (2023). Microbial pathogens in aquaponics potentially hazardous for human health. *Microorganisms*, 11(12), Article 2824. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11122824>
- Duarte, E., Silva, E. de B., Moreira, F. da C., Braga, D., et al. (2023). Nutrients in lettuce production in aquaponics with tilapia fish compared to that with hydroponics. *Revista Caatinga*, 36(1), 21–32. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n103rc>
- Flores-Aguilar, R. A., et al. (2024). Can aquaponics be utilized to reach zero hunger at a local level? *Sustainability*, 16(3), Article 1130. <https://doi.org/10.3390/su16031130>
- Handayani, M., Sumardiono, A., Witriansyah, K., & Fadillah. (2024). Integrasi budidaya tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica* Forsk.) dan ikan nila menggunakan Internet of Things. *Infotekmesin*, 15(1), 135–141. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v15i1.2160>
- Hasanah, N., Hidayatulloh, T. S., Hadid, M. M., Gunawan, I. F. N. A., Lestriana, D., Susanto, A., Rahmat, M. A., Fadhilah, R., Adilah, N., Hanifati, Q., & Triandi, F. P. (2022). Penerapan sistem budikdamber di pekarangan rumah masyarakat Desa Jayagiri untuk peningkatan ketahanan pangan keluarga. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, 4(2), 188–196. <https://doi.org/10.29244/jpim.4.2.60-68>
- Hussain, A. S., Brown, P. B., & Abdelrahman, H. (2024). A literature review of tilapia/lettuce aquaponics—Production status, varieties, and research gaps. *Aquaculture Research*, 2024, Article 2642434. <https://doi.org/10.1155/2024/2642434>
- Nair, C. S., Manoharan, R., Nishanth, D., Subramanian, R., Neumann, E., & Jaleel, A. (2025). Recent advancements in aquaponics with special emphasis on its sustainability. *Journal of the World Aquaculture Society*, 56(1), Article e13116. <https://doi.org/10.1111/jwas.13116>
- Nishanth, D., Alshamsi, M. H. S., Alkaabi, A. M. K. A., AlKaabi, A. H. A., Alnuaimi, S. H. K., Nair, C. S., & Jaleel, A. (2024). Aquaponics as a climate-smart technology for sustainable food production: A comparison with conventional production system in United Arab Emirates. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(2), Article e13049. <https://doi.org/10.1111/jwas.13049>
- Obirikorang, K. A., Sekey, W., Gyampoh, B. A., Ashiagbor, G., & Asante, W. (2021). Aquaponics for improved food security in Africa: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, Article 705549. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.705549>
- Okomoda, V. T., Oladimeji, S. A., Solomon, S. G., Olufeagba, S. O., Ogah, S. I., & Ikhwanuddin, M. (2023). Aquaponics production system: A review of historical perspective, opportunities, and challenges of its adoption. *Food Science & Nutrition*, 11(3), 1157–1165. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3154>
- Qomariah, U. K. N., Faizah, M., Zuhria, S. A., Alamsyah, M. A. R., Anggraini, S. Y., & Amrullah, M. A. (2022). Teknologi akuaponik sebagai pertanian skala rumahan sebagai upaya peningkatan ketahanan pangan di Desa Tampingmojo Tembelang Jombang. *LOGISTA: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(2), 18–23. <https://doi.org/10.25077/logista.6.2.18-23.2022>
- Sabwa, J. A., Manyala, J. O., Masese, F. O., Fitzsimmons, K., Achieng, A. O., & Munguti, J. M. (2022). Effects of stocking density on the performance of lettuce (*Lactuca sativa*) in small-scale lettuce–Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) aquaponic system. *Aquaculture, Fish and Fisheries*, 2(6), 458–469. <https://doi.org/10.1002/aff2.71>

- Tarigan, N. B., Goddek, S., & Keesman, K. J. (2021). Explorative study of aquaponics systems in Indonesia. *Sustainability*, 13(22), Article 12685. <https://doi.org/10.3390/su132212685>
- Tetreault, J., Fogle, R. L., & Guerdat, T. (2023). Scalable coupled aquaponics design: Lettuce and tilapia production using a parallel unit process approach. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Article 1059066. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1059066>
- Thakur, K., Kuthiala, T., Singh, G., Arya, S. K., Iwai, C. B., Ravindran, B., Khoo, K. S., Chang, S. W., & Awasthi, M. K. (2023). An alternative approach towards nitrification and bioremediation of wastewater from aquaponics using biofilm-based bioreactors: A review. *Chemosphere*, 316, Article 137849. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.137849>
- Utami, A. R., Nurrachman, D. A. S., Wiratmoko, E. Y., Fachrel, M. N., Farhan, M., Yosep, A., Asifa, N., Anhady, M. A., & Mutmainnah, D. (2024). Pemberdayaan masyarakat dalam penerapan teknologi aquaponik untuk meningkatkan kualitas Kampung Kangkung Kang Bejo di Balikpapan. *Humanism: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(3).
- Vermeersch, M., Jacxsens, L., Baele, T., Van Damme, I., Verhaegen, B., Boon, N., & Uyttendaele, M. (2025). Microbiological hygiene and food safety assessment of urban aquaponic farming. *International Journal of Food Microbiology*, 442, Article 111393. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111393>