

Penerapan dan Pelatihan Sistem *Smart Aquaculture* untuk Budidaya Ikan dalam *Biofloc* di *SEIN Farm* Kota Bandung
Implementation and Training of Smart Aquaculture System for Fish Farming at Biofloc at Sein Farm

Parman Sukarno¹, Hilal Hudan Nuha², Novian Anggis S³, Muhammad Al Makky⁴, Dita Oktaria⁵, Rio Guntur Utomo⁶, Rahmat Yasirandi⁷

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Universitas Telkom

Email: psukarno@telkomuniversity.ac.id¹, hilalnuha@telkomuniversity.ac.id²,
anggis@telkomuniversity.ac.id³, malmakky@telkomuniversity.ac.id⁴,
dioktaria@telkomuniversity.ac.id⁵, riogunturutomo@telkomuniversity.ac.id⁶,
batanganhitam@telkomuniversity.ac.id⁷

*Corresponding author: anggis@telkomuniversity.ac.id³

ABSTRAK

Sekemala *Integrated Farm (Sein Farm)* merupakan bagian dari Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pembibitan Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Peternakan, Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kota Bandung yang memiliki fungsi sebagai laboratorium umum (masyarakat) untuk kegiatan *urban farming*. Salah satu kegiatan *urban farming* adalah budidaya ikan dalam *biofloc*. *Sein Farm* memiliki *biofloc* sebanyak 55 unit untuk budidaya ikan tawar. Menjaga kualitas air dalam *biofloc* memiliki peran yang sangat krusial dalam keberhasilan budidaya ikan. Permasalahan yang dihadapi *Sein Farm* dalam budidaya ikan di *biofloc* adalah dengan keterbatasan jumlah karyawan dalam kegiatan operasional sehari-hari untuk menjaga kualitas air. Integrasi teknologi *Internet of Things (IoT)* dan *Artificial Intelligence (AI)* memberikan solusi untuk otomatisasi kegiatan akuakultur termasuk untuk menjaga kualitas air, yang juga dikenal sebagai *smart aquaculture*. Dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat tim dari Fakultas Informatika Universitas Telkom membangun, menerapkan, melakukan alih teknologi, dan mengukur penerimaan solusi berbasis *smart aquaculture* kepada 16 pegawai operasional di *Sein Farm*. Dari hasil kegiatan tersebut, tujuan dari kegiatan masyarakat berhasil capai, yaitu berhasil membangun dan menerapkan *smart aquaculture* di *Sein Farm*, melakukan pelatihan untuk pengoperasian sistem, dan melakukan survey untuk penerimaan teknologi. Hasil dari survei menunjukkan 95% menjawab “setuju” dan “sangat setuju” terhadap penerapan *smart aquaculture* dalam membantu kegiatan operasional untuk menjaga kualitas air dalam budidaya ikan di *biofloc*.

Kata Kunci: *biofloc; internet of things; kualitas air; alih teknologi; smart aquaculture.*

ABSTRACT

Sekemala Integrated Farm (Sein Farm) is one of the products of the Technical Implementation Unit (UPT) of Food Crops, Horticulture and Livestock, Food Security and Agriculture Service (DKPP) Bandung Municipality. Sein Farm has a function as a public laboratory (community) for urban farming activities. One of the urban farming activities is fish farming in biofloc. Sein Farm has 55 biofloc units for freshwater fish farming. Maintaining water quality in biofloc has a crucial role in the success of fish farming. The problem faced by Sein Farm in fish farming in biofloc is the limited number of employees for daily operational activities to maintain water quality. Integrating Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) technology provides solutions for the automation of aquaculture activities including maintaining water quality. The integration of the two technologies is known as smart aquaculture. In community service activities, the team from Telkom University built, implemented, transferred technology, and measured the acceptance of smart aquaculture-based solutions to 16 operational employees at Sein Farm. From the results of these activities, the

objectives of community activities have been achieved. The community service team build and implemented smart aquaculture at Sein Farm, conducted training for the operation of the smart aquaculture system, and conducted surveys for technology acceptance. The results of the survey that 95% answered "agree" and "strongly agree" with the application of smart aquaculture in assisting operational officers in maintaining water quality in fish farming in biofloc.

Keywords: *biofloc; internet of things; water quality; transfer knowledge; smart aquaculture*

PENDAHULUAN

Sekemala Integrated Farm (Sein Farm) merupakan salah satu produk Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kota Bandung. *Sein Farm* berada di bawah tanggungjawab Unit Pelaksana Teknis (UPT) Pembibitan Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Peternakan (TPHP). *Sein Farm* berdiri di atas lahan sawah “abadi” yang dimiliki oleh pemerintah Kota Bandung yang terletak di daerah Jalan Sekemala, Kelurahan Cisarupan, Kecamatan Ujung Berung. *Sein Farm* diresmikan kegiatan operasionalnya 29 September 2020. Sejalan dengan program pemerintah kota (Pemkot) Bandung yaitu “Buruan Sae”, *Sein Farm* menjadi laboratorium besar untuk masyarakat dalam belajar membangun dan mengembangkan *urban farming*. Buruan Sae sendiri adalah program pemanfaatan pekarangan atau lahan yang ada untuk berkebun/beternak guna memenuhi kebutuhan pangan

keluarga (kemandirian pangan) pada wilayah urban di kota Bandung.

Kegiatan operasional yang dilaksanakan di *Sein Farm* meliputi pembibitan ternak kambing, penetasan telur, pembibitan ikan, pembibitan tanaman sayur mayur, hidroponik, serta pengelolaan sawah. Untuk kegiatan operasional pada *Sein Farm* dikelola oleh enam (6) pegawai negeri sipil DKPP Kota Bandung dibantu dua belas (12) tenaga lepas harian untuk seluruh kegiatan operasional.

Khusus kegiatan pembibitan ikan, *Sein Farm* memiliki lima puluh lima (55) unit *biofloc* yang dimanfaatkan untuk budidaya ikan lele dan ikan nila dengan ukuran diameter 2.5 m dan tinggi 120 cm. Isu dalam budidaya ikan di *biofloc* adalah bagaimana menjaga kualitas air agar budidaya ikan dapat mencapai hasil yang optimal. *Biofloc* yang ada di *Sein Farm* terletak pada ruang terbuka yang langsung terkena matahari dan menampung hujan. Kondisi ini

menyebabkan kualitas air (kadar pH, suhu, dan kandungan *dissolved oxygen* (DO)) dalam *biofloc* sulit untuk dijaga.

Dengan jumlah *biofloc* sebanyak 55 unit serta jumlah pegawai yang sangat terbatas, perlu solusi untuk menjaga kualitas air dengan solusi yang efektif dan efisien. Solusi efektif dan efisien yang dimaksud adalah bagaimana kegiatan pembibitan ikan dapat dimonitoring kualitas air secara terus menerus, melakukan aksi dan reaksi terhadap kondisi tertentu yang ditetapkan, dan sistem yang mudah untuk dioperasikan. Salah satu solusi yang efektif menjawab kebutuhan-kebutuhan tersebut adalah dengan pemanfaatan teknologi informasi berbasis *internet of things* (IoT) dan *artificial intelligence* (AI) yang dimanfaatkan untuk melakukan komputasi dan aksi-reaksi terhadap kondisi air di dalam *biofloc* atau dikenal dengan *smart aquaculture*.

Saat ini publikasi-publikasi tentang *smart aquaculture* yang telah dipublikasikan lebih berfokus bagaimana membangun sistem *smart aquaculture* dalam konteks desain,

pengembangan, dan optimalisasi sistem untuk mencapai hasil yang handal. Sementara publikasi penelitian berbasis pengabdian masyarakat, topik publikasi yang memanfaatkan teknologi informasi untuk budidaya ikan masih sangat terbatas. Beberapa contoh publikasi bidang perikanan hasil kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan oleh Faridah dkk tahun 2019, Cholily 2021, Asmarawati 2021, Fatisa tahun 2021, Prasadi 2019 (Faridah, Diana, and Yuniati 2019; Estellita and Andriani 2014; Cholily, Effendy, and Hakim 2021; Asmarawati 2021; Fatisa and Utami 2021; Prasadi 2019; Anam and Indarto 2018). Publikasi-publikasi tersebut, Sebagian besar belum menggunakan teknologi informasi dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat.

Sementara dari perspektif mitra/pengguna (dalam hal ini pegawai operasional *Sein Farm*), permasalahan utama yang dihadapi adalah bagaimana cara alih pengetahuan teknologi solusi *smart aquaculture* kepada pegawai operasional *Sein Farm*. Hal tersebut mempertimbangkan jumlah terbatas

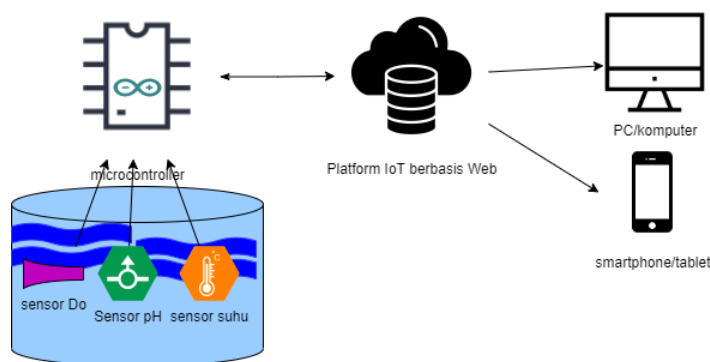
serta latar belakang pendidikan pegawai operasional yang mayoritas adalah lulusan jenjang sekolah menengah atas atau sederajat (berdasarkan data 6 pegawai yang merupakan lulusan sarjana dengan jurusan pertanian dan peternakan), yang dalam hasil wawancara memiliki keterbatasan dalam mengembangkan atau mengimplementasikan teknologi informasi untuk membantu kegiatan operasional.

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah mengimplementasikan solusi *smart aquaculture* di *Sein Farm*,

terhadap solusi yang ditawarkan didapatkan dari survei yang disebarkan kepada dua puluh satu (21) orang yang meliputi delapan belas (18) orang pegawai operasional serta tiga (3) struktural di DKPP.

METODE PENELITIAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah perancangan dan implementasi sistem *smart aquaculture*. Perancangan dan implementasi sistem ini dilakukan di *lab Hardware dan Embedded System (HES)* Fakultas Informatika di Universitas Telkom. Perancangan dan



Gambar 1: Arsitektur sistem *smart aquaculture* yang di bangun untuk *Sein Farm*

kemudian melakukan proses alih pengetahuan teknologi, serta mengukur penerimaan terhadap solusi *smart aquaculture* yang diimplementasikan. Data penerimaan

implementasi sistem *smart aquaculture* dikerjakan oleh 2 mahasiswa S1 Informatika dan 2 mahasiswa S1 Teknologi Informasi dengan bimbingan dari tim dosen

anggota kegiatan pengabdian masyarakat.

Sistem *smart aquaculture* ini dikembangkan dalam empat fase. Fase pertama adalah identifikasi kebutuhan yang meliputi identifikasi kebutuhan pengawasan kualitas air di *biofloc*, identifikasi fungsionalitas sistem yang mendukung pengawasan kualitas air, identifikasi komponen utama perangkat (seperti sensor, *microcontroller*, kabel, algoritma berbasis AI), dan identifikasi

komponen untuk mengembangkan sistem (seperti komputer, bahasa pemrograman komputer, *library program*, dsb). Fase kedua adalah mendesain arsitektur sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Mengimplentasikan sistem *smart aquaculture* berdasarkan arsitektur adalah fase yang ketiga. Fase terakhir adalah mengevaluasi perangkat yang sudah dibangun, untuk memastikan sesuai dengan kebutuhan yang telah didefinisikan pada fase pertama.

Tabel 1. Kegiatan pengabdian masyarakat smart aquaculture

Kegiatan Pengabdian Masyarakat				
Tahap ke-	Kegiatan	Detail dan Metode Aktivitas	Hasil	Waktu Pelaksanaan
1	Pengembangan smart aquaculture	Mendesain, mengimplementasikan, dan menguji smart aquaculture untuk budidaya di Sein Farm	Prototipe (purwarupa) sistem yang dapat melakukan perekaman/sensing kondisi air serta monitoring sistem secara online.	7 September 2021 s/d 1 Oktober 2021
2	Pelatihan alih teknologi sistem	Pelatihan/penyuluhan kepada pegawai operasional <i>Sein Farm</i> tentang cara kerja perangkat solusi <i>smart aquaculture</i>	Dokumentasi kegiatan penyuluhan cara kerja perangkat solusi <i>smart aquaculture</i>	6 Oktober 2021
3	Pendidikan masyarakat untuk mengukur penerimaan solusi <i>smart aquaculture</i>	1. Penyuluhan pengisian kuisioner untuk mengukur penerimaan terhadap solusi smart aquaculture 2. Mengolah data hasil kuisioner	Dokumentasi kegiatan penyebaran kuisioner dan olahan data hasil kuisioner serta analisis	7 s/d 12 Oktober 2021

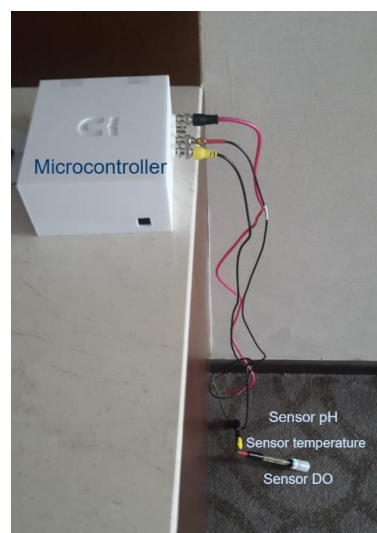
Tahap kedua dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah kegiatan alih pengetahuan yang diberikan dalam bentuk pelatihan/penyuluhan sistem *smart aquaculture*. Tahap ketiga adalah pendidikan kepada masyarakat untuk penerimaan terhadap solusi *smart aquaculture*, kemudian dilakukan pengukuran menggunakan survei. Seluruh proses kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan dalam durasi dua (2) bulan yaitu dilaksanakan pada 7 September 2021 sampai dengan 12 Oktober 2021. Detail dari setiap kegiatan ditunjukkan pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Desain dan Implementasi Smart Aquaculture.

Menurut Zhuhua dkk (2020) *smart aquaculture* didefinisikan sebagai sistem yang dibangun dari integrasi AI, teknologi IoT, dan perangkat tradisional aquaculture yang bertujuan untuk mengontrol risiko, meningkatkan kualitas produk perairan, dan menjamin laju kehidupan ikan atau produk perikanan yang lain, serta keberlanjutan budidaya perikanan

(Hu et al. 2020). Definisi yang serupa dijabarkan oleh beberapa publikasi yang lain seperti yang dipublikasikan oleh Hwang dkk (2014) (Hwang, Kim, and Lee 2014), Andrewartha dkk (2015) (Andrewartha et al. 2015), Parra dkk (2017) (Parra et al. 2017), Dzulqornain dkk (2018) (Dzulqornain, Al Rasyid, and Sukaridhoto 2018), Balakrishnan dkk (2019) (Balakrishnan, Rani, and Ramya 2019), Shufen dkk (2020) (Shufen, Wei, and Shuiyin 2020), Kassem dkk (2021) (Kassem et al. 2021), dan Vo dkk (2021) (Vo et al. 2021).

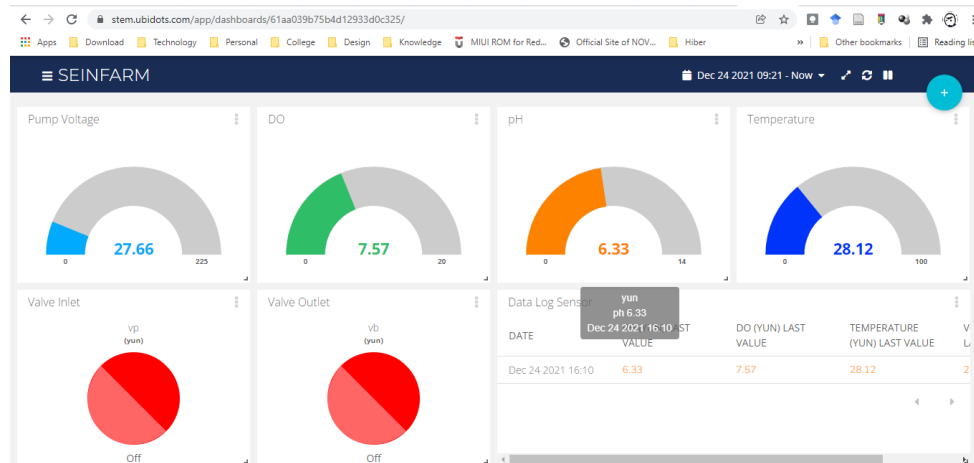


Gambar 2: Perangkat *smart aquaculture* yang dibangun

Smart aquaculture yang dikembangkan pada penelitian ini terdiri dari tiga komponen utama.

Komponen pertama adalah *end-node* yaitu sensor untuk merekam atau

data, serta tampilan yang dapat diakses dengan berbagai perangkat



Gambar 3: Tampilan antar muka aplikasi web untuk memonitor kondisi *biofloc*

membaca data pH, DO, dan suhu air. Komponen berikutnya adalah *board microcontroller* tempat sensor-sensor diinstall. *Board* ini selain berfungsi menyimpan data juga dimanfaatkan untuk berkomunikasi melalui jaringan internet. Tiga sensor (DO, pH, dan suhu) yang diletakkan di dalam *biofloc* tersambung dengan kabel ke *microcontroller*. Data yang diterima *microcontroller* akan dikirimkan ke platform IoT berbasis web dengan menggunakan komunikasi jaringan internet. Komponen yang terakhir adalah platform IoT yang berisi *database* dari pembacaan setiap data, algoritma AI berbasis algoritma *fuzzy* yang berfungsi melakukan klasifikasi

yang terhubung dengan internet.

Gambar 2 menunjukkan perangkat yang sudah selesai diimplementasikan. *Microcontroller* disimpan dalam kotak untuk melindungi *microcontroller* dari kondisi luar (seperti panas dan hujan). Sementara tampilan data yang sudah dibaca dan disimpan dikirimkan ke platform IoT seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Tampilan dari platform IoT yang menunjukkan data-data *smart aquaculture* seperti data suhu, DO, pH, selain itu juga ditunjukkan data penggunaan daya serta log pembacaan, kapan data tersebut dibaca. Selain itu ditunjukkan status

valve/actuator yang akan menetapkan penyesuaian intake air sehingga kualitas air tetap dapat dijaga.

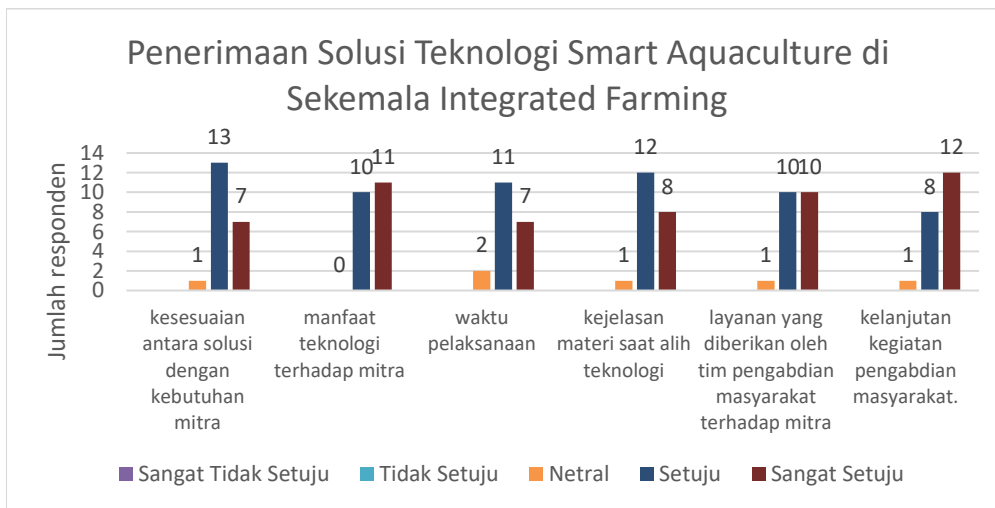
b. Kegiatan Pelatihan Alih Teknologi Smart Aquaculture

Kegiatan pelatihan alih teknologi smart aquaculture dilaksanakan di Sein Farm dengan peserta seluruh pegawai operasional serta beberapa pejabat structural di DKPP Kota Bandung.

Dalam kegiatan ini didemonstrasikan bagaimana konfigurasi dan bagaimana sistem bekerja. Tampak pada gambar perwakilan tim menunjukkan cara mengkonfigurasi perangkat smart aquaculture.

c. Pendidikan masyarakat untuk mengukur penerimaan solusi smart aquaculture

sebagai solusi budidaya ikan biofloc untuk mendukung urban farming di Sein Farm. Kegiatan ini dilakukan dengan pengisian kuisioner yang disediakan dalam bentuk survei offline. Adapun isi dari kuisioner meliputi pertanyaan tentang kesesuaian antara solusi dengan kebutuhan mitra, manfaat teknologi terhadap mitra, waktu pelaksanaan, kejelasan materi saat alih teknologi, layanan yang diberikan oleh tim pengabdian masyarakat terhadap mitra, serta kelanjutan kegiatan pengabdian masyarakat. Adapun hasil dari survei penerimaan solusi teknologi smart aquaculture



Gambar 4. Hasil survey penerimaan

Kegiatan terakhir adalah kegiatan untuk mengukur penerimaan terhadap teknologi smart aquaculture

ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada pertanyaan pertama, yaitu tentang kesesuaian antara solusi

dengan kebutuhan mitra sebesar, responden menjawab sangat setuju dan setuju mencapai 95%. Sehingga solusi yang diberikan oleh tim pengabdian masyarakat sudah sesuai dengan kebutuhan *Sein Farm*, namun demikian masih ada 5% yang menjawab netral. Kedepannya perlu dilakukan evaluasi kembali mengenai hal-hal yang masih kurang dari solusi yang diberikan. Pertanyaan kedua terkait manfaat solusi terhadap mitra, 100% mitra atau responden menjawab solusi *smart aquaculture* bermanfaat.

Berkaitan dengan waktu pelaksanaan, jumlah responden yang menjawab netral adalah yang tertinggi dari total pertanyaan yang diberikan. Hal ini karena dalam pelaksanaan, ada kendala terkait kesesuaian jadwal antara tim pengabdian masyarakat dengan *Sein Farm*, terutama karena terjadinya pandemik Covid 19 dari awal tahun 2020 hingga waktu pelaksanaan pengabdian masyarakat.

Berkaitan dengan alih teknologi yaitu kejelasan materi dan layanan yang diberikan, untuk responden yang menjawab setuju dan

sangat setuju mencapai 95%. Namun demikian jumlah responden yang menjawab netral kedua pertanyaannya mencapai 5%. Hal ini berkaitan dengan waktu tatap muka untuk alih teknologi yang sangat terbatas serta pelaksanaannya dilaksanakan secara keseluruhan. Berkaitan dengan kelanjutan kegiatan pengabdian masyarakat, mayoritas *Sein Farm* sangat setuju untuk dilanjutkan yaitu mencapai 57%.

SIMPULAN

Berdasarkan tujuan dari pengabdian masyarakat yaitu mengimplementasikan solusi *smart aquaculture* di *Sein Farm*, melakukan proses alih pengetahuan teknologi, dan mengukur penerimaan terhadap solusi *smart aquaculture* yang diimplementasikan, seluruh aktivitas berhasil diselesaikan. Implementasi *prototype* sudah berhasil dibuat dan dipresentasikan kepada pegawai operasional *Sein Farm* dan pejabat DKPP Kota Bandung. Kegiatan alih teknologi sudah dilaksanakan, dan diakhiri dengan survei untuk penerimaan. Secara hasil kesesuaian, manfaat teknologi, waktu pelaksanaan, kejelasan materi,

layanan yang diberikan, serta kelanjutan mayoritas responden menyatakan setuju dan sangat setuju terhadap kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilaksanakan. Disimpulkan bahwa kegiatan ini bermanfaat kepada *Sein Farm* untuk membantu kegiatan operasional yang sebelumnya belum optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (Dirjen Dikti Ristek) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas bantuan pendanaan program penelitian Kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka dan Pengabdian kepada Masyarakat Berbasis Hasil Penelitian dan Purwarupa PTS Tahun Anggaran 2021.

DAFTAR PUSTAKA

Anam, Choirul, and Cahyo Indarto. 2018. "Produksi Tepung Ikan Rucah Untuk Peningkatan Pendapatan Nelayan di Paciran Lamongan." *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 2 (2): 160–69.

Andrewartha, S. J., N. G. Elliott, J. W. McCulloch, P. B. Frappell, and Others. 2015. "Aquaculture Sentinels: Smart-Farming with Biosensor Equipped Stock." *J. Aquac. Res. Dev* 7: 1–4.

Asmarawati, Citra Indah. 2021.

"Pembinaan Masyarakat Tentang Komersialisasi Dan Sterilisasi Industri Pada Pengolahan Abon Ikan Tongkol." *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia* 1 (1): 31–35.

Balakrishnan, S., S. Sheeba Rani, and K. C. Ramya. 2019. "Design and Development of IoT Based Smart Aquaculture System in a Cloud Environment." *International Journal of Oceans and Oceanography* 13 (1): 121–27.

Cholily, Y. M., M. Effendy, and R. R. Hakim. 2021. "Pemberdayaan Masyarakat Desa Parangargo Melalui Pelatihan Budidaya Ikan Lele Dengan Sistem Biona." *Pengabdian Kepada*
<http://journal.upgris.ac.id/index.php/e-dimas/article/view/6377>.

Dzulqornain, Muhammad Iskandar, M. Udin Harun Al Rasyid, and Sritrusta Sukaridhoto. 2018. "Design and Development of Smart Aquaculture System Based on IFTTT Model and Cloud Integration." *MATEC Web of Conferences* 164: 01030.

Estellita, Dwi Diar, and Umi Andriani. 2014. "Perbedaan Kualitas Ikan Lele Dumbo Dengan Ikan Lele Lokal Dalam Pembuatan Abon Ikan." *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT* 20 (78): 33–39.

Faridah, Faridah, Selvie Diana, and Yuniati Yuniati. 2019. "Budidaya Ikan Lele Dengan Metode Bioflok Pada Peternak

- Ikan Lele Konvensional.” *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 1 (2): 224–27.
- Fatisa, Yuni, and Lisa Utami. 2021. “Aplikasi Teknologi Fermentasi Limbah Kubis Sebagai Pengawet Alami Penanganan Pasca Panen Ikan Pada Kelompok Nelayan Di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Purnama Dumai.” *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat* 6 (3): 697–706.
- Hu, Zhuhua, Ruoqing Li, Xin Xia, Chuang Yu, Xiang Fan, and Yaochi Zhao. 2020. “A Method Overview in Smart Aquaculture.” *Environmental Monitoring and Assessment* 192 (8): 493.
- Hwang, Sung-Il, Oe-Yeong Kim, and Seok-Yong Lee. 2014. “A Case Study on the ICT-Based Smart Aquaculture System by Applying u-Farms.” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences* 39C (2): 173–81.
- Kassem, Taher, Isam Shahrour, Jamal El Khattabi, and Ahmad Raslan. 2021. “Smart and Sustainable Aquaculture Farms.” *Sustainability: Science Practice and Policy* 13 (19): 10685.
- Parra, Lorena, Sandra Sendra, Jaime Lloret, and Joel J. P. C. Rodrigues. 2017. “Design and Deployment of a Smart System for Data Gathering in Aquaculture Tanks Using Wireless Sensor Networks.” *International Journal of Communication Systems* 30 (16): e3335.
- Prasadi, Oto. 2019. “Pemanfaatan Lahan Sempit Sebagai Tempat Budidaya Ikan Cupang di Mertasinga, Cilacap.” *Aksiologiya: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 3 (2): 113–23.
- Shufen, H., C. Wei, and X. Shuiyin. 2020. “A LabView-Based Smart Aquaculture System.” *Journal of Physics: Conference Series*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1550/4/042037/meta>.
- Vo, Thi Thu Em, Hyeyoung Ko, Jun-Ho Huh, and Yonghoon Kim. 2021. “Overview of Smart Aquaculture System: Focusing on Applications of Machine Learning and Computer Vision.” *Electronics* 10 (22): 2882.