

NASKAH ORISINAL

Pemanfaatan Teknologi IoT dalam Meningkatkan Produktivitas Tambak Udang: Studi Kasus di Desa Sidobinangun

Eka Iskandar* | Trihastuti Agustinah | Achmad Jazidie | Ari Santoso | Ali Fatoni | Joko Susila | Imam Arifin | Yurid Eka Nugraha

Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Eka Iskandar, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: iskandar@elect-eng.its.ac.id

Alamat

Laboratorium Kontrol dan Otomasi, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Desa Sidobinangun di Kabupaten Lamongan merupakan salah satu sentra budidaya udang yang mengalami penurunan produktivitas akibat degradasi kualitas air tambak. Pencemaran limbah organik dari aliran sungai menyebabkan fluktuasi pH dan suhu tinggi, sehingga memicu stres pada udang dan menurunkan hasil panen. Selain itu, sebagian besar petambak masih mengandalkan pemantauan manual tanpa dukungan teknologi yang memadai. Melalui program pengabdian masyarakat, tim merancang dan mengimplementasikan sistem filtrasi air *multistage* serta sistem monitoring kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) yang ditenagai panel surya. Sistem filtrasi tersusun atas kombinasi media kerikil, pasir silika, ijuk, arang aktif, dan zeolit untuk meningkatkan kejernihan serta menurunkan kontaminan kimiawi. Sementara itu, sistem IoT dilengkapi sensor pH, suhu, TDS, DO, EC, ORP, dan salinitas dengan pemantauan *real-time* melalui *dashboard* daring. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa kedua sistem dapat bekerja secara stabil dan efektif. Sistem filtrasi terbukti mampu menstabilkan pH dari 6,8 menjadi 7,8 dan menurunkan kadar *Total Dissolved Solids* (TDS) dari 1.250 ppm menjadi 820 ppm. Pengujian sistem monitoring IoT juga menunjukkan tingkat akurasi sensor yang tinggi, rata-rata mencapai 95-98% dibandingkan dengan alat ukur standar, yang memungkinkan petambak melakukan intervensi penanganan secara presisi saat parameter eksternal seperti DO dan suhu berada di ambang kritis. Secara tekno-ekonomi, sistem cerdas ini memangkas biaya operasional sebesar 11,25% dan meningkatkan pendapatan kotor per siklus dari Rp 22.500.000 menjadi Rp 27.000.000. Program ini juga disertai pelatihan masyarakat demi keberlanjutan teknologi.

Kata Kunci:

Filtrasi Air, *Internet of Things*, Kualitas Air, Monitoring *Real-Time*, Tambak Udang.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Sektor perikanan, khususnya budidaya udang, menjadi tulang punggung perekonomian di Kabupaten Lamongan. Data Badan Pusat Statistik (BPS) Lamongan (2022) menunjukkan bahwa kontribusi subsektor perikanan terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) mencapai 12,3%, dengan udang sebagai komoditas unggulan ekspor bernilai Rp 1,2 triliun per tahun. Tambak udang tidak hanya menyediakan lapangan kerja bagi 45% masyarakat pesisir Lamongan, tetapi juga menjadi sumber devisa nasional melalui ekspor ke pasar global seperti Jepang dan Amerika Serikat^[1]. Keberlanjutan sektor ini sangat vital untuk mendorong pertumbuhan ekonomi lokal dan nasional.

Desa Sidobinangun, sebagai sentra tambak udang di Lamongan, menghadapi tantangan serius terkait kualitas air. Sumber air utama tambak berasal dari sungai yang tercemar limbah organik dari aktivitas budidaya intensif, mengakibatkan penurunan parameter kualitas air seperti pH tidak stabil (6,5–8,5), suhu ekstrem ($>32^{\circ}\text{C}$), dan kadar oksigen terlarut rendah ($<4\text{ mg/L}$) (Dinas Perikanan Lamongan, 2023). Kondisi ini memicu pertumbuhan bakteri patogen dan *stres* pada udang, sehingga menurunkan produktivitas hingga 30%^[2]. Studi oleh Yulianto et al. (2019) membuktikan bahwa fluktuasi pH di luar kisaran 7–8 dapat menghambat metabolisme udang, sementara suhu tinggi ($>30^{\circ}\text{C}$) meningkatkan risiko kematian massal akibat vibriosis. Kadar oksigen terlarut di bawah 5 mg/L juga mengganggu pertumbuhan udang vaname, memperpanjang masa panen dari 90 hari menjadi 120 hari (Widodo et al., 2021). Di Desa Sidobinangun, 60% petambak mengeluhkan penurunan hasil panen sebesar 40% dalam tiga tahun terakhir akibat degradasi kualitas air (wawancara mitra, 2023).

Untuk mengatasi masalah ini, tim pengabdian mengusulkan integrasi sistem filtrasi *multi-stage* dan IoT untuk memantau parameter air secara *real-time*. Sistem filtrasi menggunakan kombinasi biofilter dan karbon aktif untuk menetralkan limbah organik, sedangkan sensor IoT (pH, suhu, DO) terhubung ke platform *cloud* akan memberikan notifikasi otomatis saat parameter melebihi ambang batas. Teknologi serupa telah berhasil meningkatkan produktivitas tambak di Banyuwangi sebesar 25% melalui optimalisasi kualitas air^[3]. Implementasi sistem ini diharapkan menekan biaya produksi sebesar 15% dengan mengurangi penggunaan antibiotik dan pakan berlebih. Selain itu, data *monitoring* berbasis IoT memungkinkan petambak mengambil keputusan berbasis data, meningkatkan efisiensi operasional. Dukungan dari Dinas Perikanan Lamongan dan pelatihan teknis bagi masyarakat akan menjamin keberlanjutan program, sejalan dengan target SDGs nomor 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur) dan 14 (Ekosistem Lautan).

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan permasalahan pihak mitra yang telah diuraikan pada pendahulu Kegiatan pengabdian masyarakat ini akan dilaksanakan selama 7 bulan. Dalam implementasinya, solusi ini akan direalisasikan secara sistematis dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi Lapangan dan Koordinasi dengan Mitra Tambak Udang
2. Desain Sistem Filtrasi Air dan Monitoring Kualitas Air
3. Pengadaan dan Persiapan Komponen Sistem
4. Perakitan dan Instalasi Sistem
5. Uji Coba Sistem
6. Pelatihan Mitra dan Sosialisasi Penggunaan Alat
7. Monitoring dan Evaluasi Berkelanjutan

1.3 | Target Luaran

Target luaran dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah sebagai berikut :

1. Alat sistem filtrasi dan monitoring dipasang di tambak udang Desa Sidobinangun untuk meningkatkan kualitas air, produktivitas, dan omset tambak.
2. Masyarakat Desa Sidobinangun diberi sosialisasi tentang cara pengoperasian dan perawatan alat sistem filtrasi dan monitoring tambak.
3. Dosen dan mahasiswa mendokumentasikan kegiatan pengabdian masyarakat serta berdiskusi dengan mitra terkait lokasi pemasangan alat untuk laporan kemajuan dan akhir.
4. Hasil kegiatan pengabdian masyarakat akan dipublikasikan pada Jurnal Sewagati atau jurnal nasional pengabdian masyarakat lainnya.
5. Laporan kegiatan digabungkan dalam buku Abmas Pusat Kajian ITS dan diterbitkan melalui ITS Press atau PT ITS Tekno Sains.
6. Kegiatan pengabdian masyarakat diharapkan dimuat di situs its.ac.id/news atau media massa terdaftar Dewan Pers.
7. Seluruh kegiatan pengabdian masyarakat direkam dalam video dan diunggah ke akun YouTube DM ITS.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air merupakan aspek kritis dalam manajemen budidaya udang vannamei karena secara langsung mempengaruhi kesehatan, pertumbuhan, dan tingkat kelangsungan hidup udang. Parameter utama yang harus dipantau meliputi suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut (DO), *total suspended solids* (TSS), *total dissolved solids* (TDS), dan nitrit. Suhu air ideal untuk pertumbuhan udang vannamei berkisar antara 26-30°C, dengan pH optimal antara 7,5-8,5. Salinitas direkomendasikan pada kisaran 15-25 ppt untuk memastikan osmoregulasi optimal, sementara konsentrasi oksigen terlarut minimal harus dipertahankan di atas 4 mg/L untuk menghindari kematian massal^[4]. Selain itu salinitas yang tinggi dapat mengurangi kandungan oksigen terlarut dalam kolam, sehingga manajemen salinitas menjadi komponen penting dalam strategi pemeliharaan kualitas air. Nitrit dan amoniak total merupakan parameter nitrogen yang sangat berpengaruh pada produktivitas udang, dengan konsentrasi aman untuk amoniak pada 0,54-0,81 mg/L dan nitrit pada 0,17-0,25 mg/L bergantung pada salinitas^[5].

Pengukuran parameter kualitas air secara akurat dan *real-time* menjadi fundamental dalam operasional tambak modern. Berdasarkan standar FAO, metode pengukuran tradisional menggunakan teknik titrasi Winkler untuk oksigen terlarut dan metode elektrometrik untuk pH dengan menggunakan *buffer* standar. Namun, penelitian terkini menunjukkan bahwa sensor digital seperti DS18B20 untuk suhu, pH4502C untuk pH, dan sensor salinitas dapat mencapai akurasi tinggi dengan *error* minimal^[6]. akurasi pengukuran sebesar 94,06% untuk pH, 78,15% untuk salinitas, 90,53% untuk oksigen terlarut, dan 99,42% untuk suhu menggunakan sistem berbasis Arduino UNO dengan transmisi nirkabel. Transparansi air juga menjadi indikator penting yang mencerminkan kepadatan plankton dan kesehatan ekosistem kolam, dengan nilai optimal antara 30-45 cm. Pengelolaan parameter-parameter ini secara terintegrasi memerlukan pemantauan berkala tiga kali sehari (pagi, siang, malam) untuk mendeteksi fluktuasi yang dapat menyebabkan *stres* pada udang^[7].

2.2 | Filter Air

Filter *biosand* merupakan teknologi filtrasi air yang sederhana, hemat biaya, dan efektif dalam menghilangkan kontaminan dari sumber air yang tercemar. Menurut Encyclopedia Britannica, filter *biosand* dikembangkan oleh Dr. David Manz pada akhir 1980-an dan didasarkan pada prinsip filtrasi pasir lambat yang telah digunakan sejak abad ke-19. Sistem ini terdiri dari lapisan-lapisan media filtrasi yang disusun secara vertikal: batu kasar di bagian bawah (untuk lapisan drainase), kerikil sedang, pasir kasar, pasir halus, dan arang aktif di bagian atas untuk menghilangkan warna, bau, dan kontaminan kimia. Filter *biosand* bekerja melalui mekanisme fisik dan biologis, di mana lapisan biofilm yang terbentuk pada permukaan pasir membantu menghilangkan patogen dan padatan tersuspensi. Efektivitas filter *biosand* meningkat seiring waktu, mencapai 87% untuk penghilangan koliform total pada minggu ketujuh untuk sumber air dengan nutrisi rendah dan 96% pada minggu kedelapan untuk sumber air dengan nutrisi tinggi^[8].

Performa filtrasi dioptimalkan melalui desain yang tepat dan pemilihan media filtrasi yang sesuai standar. Dengan menggunakan kombinasi karbon aktif, pasir silika, serat kelapa, kerikil, dan kapas filter dalam sistem filtrasi berlapis untuk mengurangi parameter kualitas air seperti pH dan TDS dari air rawa. Hasil menunjukkan pengurangan pH menjadi 7,6 dan TDS hingga 92 ppm pada desain dengan tiga tabung, meskipun masih belum memenuhi standar *clean water* Indonesia^[9]. Selanjutnya filter *biosand* yang dimodifikasi dengan *zero-valent iron* (ZVI) dapat mencapai 98% penghilangan kekeruhan menggunakan lapisan ZVI sepanjang 100 mm, melampaui filter *biosand* standar^[10]. Waktu filtrasi yang optimal berkisar antara 36 menit untuk 22 ml air pada awal operasi dengan laju *loading* 366 liter/jam. Kunci kesuksesan sistem filtrasi sederhana ini adalah pemeliharaan rutin, pembersihan berkala untuk mencegah penyumbatan, dan penggantian media filter sesuai kondisi performanya.

2.3 | Sistem Monitoring Kualitas Air

Sistem pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things* (IoT) telah menjadi solusi praktis untuk *monitoring real-time* parameter air dalam skala industri maupun rumah tangga. Sistem pemantauan kualitas air menggunakan sensor pH, TDS, suhu, kekeruhan, dan oksigen terlarut yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk memproses data dan mengirimkannya ke server *cloud*. Sistem tersebut mencapai akurasi tinggi dengan sensor DS18B20 menunjukkan galat 1,46% (akurasi 98,54%), sensor pH dengan akurasi 96,85% dan galat 3,15%, sensor EC dengan akurasi tertinggi 99,81% dan galat 0,189%, serta sensor DO dengan akurasi 98,14% . *Dashboard online* berbasis PHP memungkinkan visualisasi data *real-time* yang dapat diakses dari berbagai perangkat, mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam manajemen tambak. Platform *cloud* seperti Firebase dan ThingSpeak telah terbukti mampu menyimpan data secara aman dan menyediakan notifikasi peringatan dini ketika parameter air melampaui batas normal^[11].

2.4 | Photovoltaic

Teknologi *photovoltaic* telah mengalami kemajuan luar biasa dalam dekade terakhir dengan peningkatan efisiensi konversi yang signifikan. Efisiensi panel surya tipe monokristalin berkisar antara 15-22%, polikristalin 15-20%, dan *thin-film* 10-20%, dengan panel premium modern mencapai efisiensi hingga 25% . Tren terbaru menunjukkan bahwa panel surya generasi baru berbasis teknologi *back-contact* (IBC) dengan substrat silikon *N-type* mencapai efisiensi hingga 25%, sementara panel TOPcon (*tunnel oxide passivated contact*) dan *heterojunction* (HJT) telah mencapai efisiensi di atas 24% . Penelitian Oxford PV menunjukkan pencapaian tertinggi dengan panel *perovskite* tandem berhasil mencapai efisiensi 26,8% untuk sel komersial, membuka prospek baru dalam teknologi *solar cell* generasi berikutnya . Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi panel meliputi intensitas cahaya matahari, temperatur operasional, desain sel, konfigurasi *busbar*, dan material pasivasi yang digunakan dalam struktur sel. Pengembangan sel tandem *perovskite*-silikon menunjukkan potensi luar biasa untuk melampaui batas Shockley-Queisser dari sel silikon tunggal. Longi Solar telah mencapai rekor efisiensi 34,85% untuk sel tandem *perovskite*-silikon dua terminal yang telah tersertifikasi oleh NREL pada April 2025, melampaui rekor sebelumnya 34,6% yang juga ditetapkan oleh Longi pada 2024 . Sel tandem dua terminal mencapai efisiensi teoritis hingga 45,7% di bawah kondisi cahaya standar AM1.5G dengan menyerap panjang gelombang cahaya yang berbeda di setiap lapisan, mengurangi kerugian energi. mengintegrasikan sistem *monitoring* kualitas air dengan sumber energi panel surya yang diisi ke baterai *lead acid* berkapasitas besar, memungkinkan sistem beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan untuk periode panjang . Dengan menggunakan material *perovskite* yang dapat disesuaikan *bandgap*-nya, peneliti dapat mengoptimalkan penyerapan cahaya dan konversi fotoelektrik, menjadikan panel surya tandem sebagai kandidat menjanjikan untuk aplikasi energi terbarukan skala besar dengan biaya produksi yang lebih rendah di masa depan^[12].

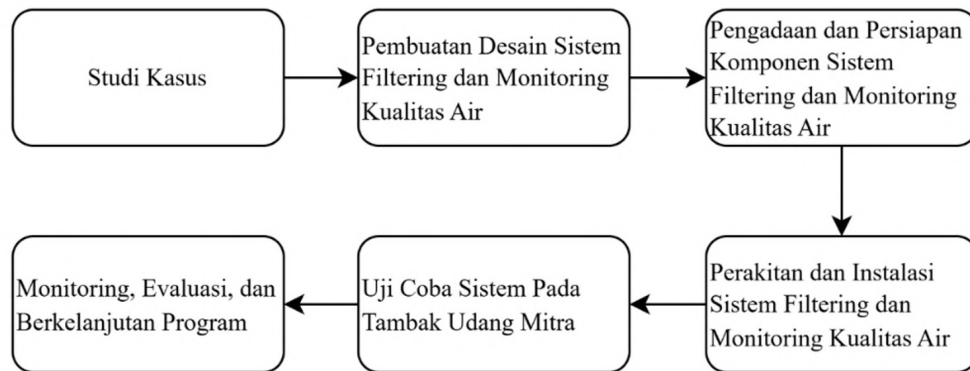
3 | METODE KEGIATAN

3.1 | Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Dalam pelaksanaan kegiatan program pengabdian masyarakat ini, terdapat beberapa tahapan pelaksanaan agar kegiatan dapat berjalan dengan lancar. Berikut merupakan diagram alir dari tahapan pelaksanaan kegiatan:

Tahap pengujian dan kalibrasi sistem secara komprehensif dilakukan di Laboratorium Kontrol dan Otomasi, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Pada tahap ini, seluruh sensor IoT dikalibrasi menggunakan larutan *buffer* standar (untuk sensor pH) serta instrumen pembanding skala industri guna memastikan presisi dan keandalan akuisisi data sebelum sistem diterjunkan. Setelah sistem dipastikan beroperasi secara optimal di laboratorium, tahap pengaplikasian dan uji

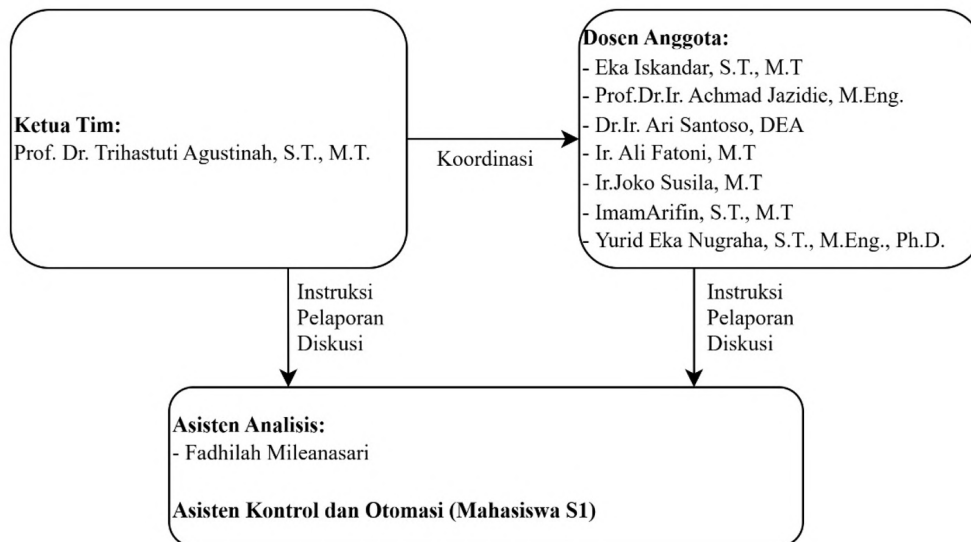
coba lapangan dilaksanakan pada tambak udang intensif di Desa Sidobinangun yang berfokus pada budidaya udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Tambak yang menjadi lokasi implementasi ini memiliki luas area kurang lebih 1.000 m², dengan sumber air utama berasal dari saluran irigasi sungai yang memiliki karakteristik fluktuasi polutan organik tinggi.



Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan.

3.2 | Susunan Organisasi

Kompetensi dan tanggung jawab setiap anggota tim dideskripsikan sebagai berikut:



Gambar 2 Susunan Organisasi dan Pembagian Tugas.

3.3 | Partisipasi Mitra

Mitra berperan aktif dalam setiap tahap pelaksanaan program, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi akhir. Pada tahap awal, mitra memberikan data dan informasi terkait kondisi tambak, kebiasaan operasional, serta permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan kualitas air. Selama proses perancangan dan instalasi sistem, mitra turut terlibat dalam diskusi desain, memberikan masukan praktis berdasarkan pengalaman lapangan, serta membantu penyediaan lokasi dan sumber daya pendukung.

Mitra juga dilibatkan dalam proses perakitan sederhana dan instalasi sistem di tambak, guna meningkatkan pemahaman teknis. Setelah sistem terpasang, mitra mengikuti pelatihan penggunaan alat dan pemantauan *dashboard*, serta berperan dalam uji coba dan pemeliharaan sistem.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Cara Kerja Alat

Secara garis besar alat dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem monitoring dan filter air, yang secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring kualitas air ini menggunakan *photovoltaic* (panel surya) sebagai sumber energi utama yang mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik. Energi yang dihasilkan disalurkan ke sistem MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) untuk mengoptimalkan efisiensi pengisian daya ke baterai aki. Baterai aki kemudian menyimpan energi listrik agar sistem dapat beroperasi secara konstan, terutama saat intensitas cahaya matahari rendah. Sebagai proteksi, sistem dilengkapi dengan MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang berfungsi untuk memutus aliran listrik jika terjadi beban lebih atau gangguan listrik, menjaga keselamatan sistem. Setelah energi melewati proteksi MCB, tegangan dari baterai diatur oleh *voltage regulator* yang berfungsi menyesuaikan dan menstabilkan tegangan *output* menjadi 5V dan 12V sesuai kebutuhan komponen. Sistem monitoring dilengkapi dengan sensor-sensor untuk memantau berbagai parameter kualitas air, yakni TDS, pH, suhu, salinitas, *Electrical Conductivity* (EC), *Oxidation-Reduction Potential* (ORP), dan *Conductivity Factor* (CF). Data dari sensor-sensor ini kemudian dikirim secara *wireless* menggunakan modul WiFi yang dilengkapi *extender* antena untuk memperluas jangkauan sinyal. Data tersebut ditransmisikan ke *dashboard* Tuya yang dapat diakses melalui aplikasi di *smartphone*, memungkinkan pengguna memantau kondisi kualitas air tambak secara *real-time* dan dari jarak jauh.
2. Filter air pada tambak udang terdiri dari beberapa media utama yang masing-masing memiliki fungsi spesifik;
 - 1) Kerikil berfungsi sebagai lapisan dasar yang mendukung stabilitas media filter di atasnya sekaligus menyaring partikel-partikel kasar seperti lumpur dan sisa organik berukuran besar. Kerikil memiliki porositas yang cukup besar sehingga memungkinkan aliran air lancar dan mencegah penyumbatan awal.
 - 2) Pasir silika adalah media utama penyaringan fisik. Pasir ini memiliki butiran halus dan berpori, yang mampu menyaring partikel kecil dan kotoran tersuspensi dalam air. Selain itu, pasir silika juga membantu mengikat beberapa zat kimia dan mikroorganisme yang tidak diinginkan, serta membantu menjaga kejernihan air secara optimal.
 - 3) Ijuk berfungsi sebagai media biologis dan penghalang mekanik tambahan. Serat-serat alami ijuk dapat menjadi substrat ideal bagi pertumbuhan bakteri pengurai dan membantu menangkap partikel halus, sekaligus menjaga agar aliran air tetap terdistribusi merata dalam filter.
 - 4) Arang aktif (karbon aktif) berperan sebagai media kimiawi yang efektif dalam mengadsorpsi bau, warna, bahan organik terlarut, serta zat beracun seperti amonia dan beberapa logam berat. Arang aktif meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan kontaminan yang tidak dapat diikat oleh pasir atau kerikil.
 - 5) Batu zeolit adalah media filtrasi kimia dan biologis yang efektif menyerap ion amonia beracun dalam air tambak. Zeolit memiliki struktur berpori dan kapilaritas tinggi, sehingga dapat bertindak sebagai penyaring ion negatif serta menyediakan habitat bagi mikroorganisme pengubah amonia menjadi nitrat yang lebih aman.

Kombinasi media ini membentuk sistem filtrasi air yang multifungsi, memaksimalkan penghilangan partikel kasar hingga kontaminan kimiawi dan biologis, sehingga mendukung terciptanya lingkungan air yang optimal untuk budidaya udang.

4.2 | Perakitan dan Sosialisasi Alat

Perakitan sistem monitoring dan filter air di Desa Sidobinangun, Kecamatan Deket, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Dilaksanakan di salah satu tambak milik warga desa Sidobinangun. Proses perakitan dimulai dengan merakit sistem monitoring

kualitas air, serta komponen-komponen *photovoltaic* seperti MPPT, baterai, MCB, *voltage regulator* serta *modem wifi* kedalam *panel box*.



Gambar 3 Perakitan Sistem Monitoring Kualitas Air.

Gambar 3 diatas merupakan kegiatan perakitan sistem monitoring kualitas air. Setelah seluruh komponen terpasang dilakukan tahap kalibrasi terhadap sensor-sensor yang ada, untuk memastikan keakuratan pembacaan pada masing-masing parameter yang ada. Selanjutnya dilakukan tes pembacaan secara keseluruhan, dimana memastikan koneksi antar komponen mulai dari *photovoltaic*, sistem monitoring, hingga perangkat IoT dapat terintegrasi dengan baik.



Gambar 4 (a) Perakitan Kerangka Panel Box dan *Photovoltaic*, (b) Perakitan dan Pengujian Sistem Filter Air.

Setelah seluruh sistem dapat terintegrasi dengan baik, selanjutnya dibuatkan kerangka. Kerangka ini berfungsi sebagai tempat *mounting panelbox* dan *photovoltaic*. Setelah itu dilakukan pembuatan sistem filter air yang dibuat menggunakan tiga drum. Dimana masing-masing drum berfungsi untuk menyaring air secara bertahap, pada drum pertama berfungsi untuk menyaring partikel-partikel besar. Lalu pada drum kedua sebagai *slow sand filter*, serta drum ketiga sebagai *rapid sand filter*, kedua *sand*

filter ini berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang lebih halus serta mensterilkan air sehingga air keluaran dapat lebih bersih dan sehat untuk pertumbuhan udang.

Seperti pada gambar 4b diatas, setelah sistem filter dipasang, dilakukan pengujian kualitas dan debit keluaran air. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa filter dapat membersihkan sebagian besar kotoran yang terdapat pada air. Sehingga keluaran air bersih dan sehat untuk pertumbuhan udang. Sistem monitoring IoT yang diterapkan diuji akurasi dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap instrumen laboratorium standar. Berdasarkan pengujian statis, sensor suhu memiliki galat sebesar 1,46% dan sensor pH menunjukkan akurasi sebesar 96,8%. Performa filtrasi *multistage* juga dievaluasi secara empiris dengan membandingkan parameter air sebelum dan sesudah melewati media filter (kerikil, pasir silika, ijuk, arang aktif, dan zeolit).

Tabel 1 Efektivitas Pembersihan air dan Akurasi Sensor

Parameter	Standar Ideal (Budidaya)	Sebelum Filtrasi	Sesudah Filtrasi	Akurasi Sensor
pH	7,5 – 8,5	6,8	7,8	96,8%
Suhu (°C)	26 – 30	32,5	32	98,5%
TDS (ppm)	< 1.000	1.250	820	97,2%
DO (mg/L)	> 4	3,2	3,4	95,5%



Gambar 5 Pemasangan Sistem Monitoring dan Filter Air di Desa Sidobinangun.

Berdasarkan Tabel 1, sistem filtrasi terbukti sangat efektif dalam memperbaiki kualitas air secara kimiawi dan fisik, ditandai dengan netralisasi pH dari kondisi asam (6,8) menjadi ideal (7,8) serta penurunan substansial pada tingkat kepadatan partikel terlarut (TDS) dari 1.250 ppm menjadi 820 ppm. Di sisi lain, sebagaimana karakteristik mekanis filtrasi pasif, parameter fisik eksternal seperti suhu dan kadar oksigen terlarut (DO) tidak mengalami perubahan drastis hanya melalui proses penyaringan. Perubahan DO dari 3,2 mg/L menjadi 3,4 mg/L semata-mata terjadi karena pergerakan air saat mengalir melalui drum filtrasi. Oleh karena itu, kehadiran sistem monitoring IoT menjadi sangat krusial dalam ekosistem ini. Ketika sensor mendeteksi parameter DO masih berada di bawah ambang batas ideal (seperti 3,4 mg/L), *dashboard* sistem akan memberikan peringatan dini kepada petambak. Notifikasi presisi ini memungkinkan petambak untuk segera memberikan intervensi mekanis, seperti

menghidupkan aerator atau kincir air, guna mengoptimalkan suplai oksigen dan menurunkan suhu air tanpa harus menebak-nebak kondisi kolam. Setelah seluruh sistem telah dirakit dan diuji, langkah selanjutnya adalah melakukan pemasangan sistem monitoring dan filter air pada Desa Sidobinangun, kecamatan Deket, kabupaten Lamongan.



Gambar 6 Sosialisasi Sistem Monitoring dan Filter Air di Desa Sidobinangun.

Dapat dilihat pada Gambar 5 dilakukan proses pemasangan sistem monitoring dan filter air di desa Sidobinangun, proses pemasangan ini dilakukan selama dua hari, dimana hari pertama dilakukan proses pengecoran sebagai fondasi untuk kerangka sistem monitoring dan filter air. Pada hari kedua dilakukan pemasangan sistem monitoring dan filter air, pada hari kedua juga dilakukan sosialisasi dan demonstrasi penggunaan alat kepada masyarakat di desa Desa Sidobinangun.



Gambar 7 Demonstrasi Sistem Monitoring dan Filter Air di Desa Sidobinangun.

Dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7 dilakukan sosialisasi dan demonstrasi penggunaan alat sistem monitoring dan filter air dari tim pengabdian masyarakat Laboratorium Kontrol Otomasi kepada masyarakat desa Sidobinangun. Selama proses sosialisasi dan demonstrasi masyarakat memiliki antusiasme yang sangat tinggi. Banyak warga yang menunjukkan ketertarikan terhadap alat ini dan mengajukan beberapa pertanyaan mengenai cara kerja dan manfaat yang didapatkan dari alat ini. Beberapa petambak desa Sidobinangun bahkan mencoba mengakses aplikasi monitoring yang dilakukan secara *real-time*, serta mengoperasikan sistem filter air. Selama demonstrasi, performa alat berjalan dengan sangat baik, panel *photovoltaic* berhasil menghasilkan energi listrik dengan optimal, sensor monitoring dapat membaca kualitas air dengan baik. Serta filter air dapat menyaring dan membersihkan sumber air dengan baik. Kepala Desa Sidobinangun, Anang Faudi, S.H., menyampaikan kepuasan terhadap inovasi yang dibawa dan diharapkan dapat meningkatkan kualitas hidup di masyarakat Desa Sidobinangun.

4.3 | Analisis Ekonomi dan Efisiensi Operasional

Implementasi sistem otomasi dan filtrasi *multistage* di Desa Sidobinangun tidak hanya memberikan dampak pada perbaikan parameter biofisika air, tetapi juga memberikan signifikansi ekonomi terhadap keberlanjutan budidaya. Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan mitra petambak, siklus budidaya udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di lokasi ini berlangsung selama 60 hari (dua bulan) dengan fluktuasi produktivitas yang dipengaruhi oleh anomali cuaca dan degradasi kualitas air sungai. Sebelum penerapan teknologi, rata-rata pendapatan kotor (*gross revenue*) petambak per siklus berada pada rentang Rp 22.000.000 hingga Rp 23.000.000. Setelah pengintegrasian sistem IoT dan filtrasi, tercatat peningkatan hasil panen yang signifikan mencapai Rp 27.000.000 per siklus. Analisis perbandingan struktur biaya produksi dan proyeksi efisiensi sebesar 15% sebagaimana yang ditargetkan pada bagian pendahuluan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Analisis Ekonomi dan Efisiensi Biaya Produksi per Siklus (60 Hari)

Komponen Biaya	Kondisi Eksisting (Konvensional)	Proyeksi Setelah Implementasi Teknologi	Analisis Efisiensi dan Dampak Teknis
Bibit (Udang 5 Juta, Ikan 2 Juta)	Rp 7.000.000	Rp 7.000.000	Tetap (Kuantitas bibit dipertahankan)
Pakan	Rp 3.000.000	Rp 2.700.000	Turun (Pemberian pakan lebih efisien karena nafsu makan udang stabil di air bersih)
Perawatan	Rp 2.000.000	Rp 1.500.000	Menurun drastis (Air lebih stabil, kebutuhan bahan kimia/probiotik tambahan berkurang)
Energi	Rp 1.000.000	Rp 500.000	Penghematan drastis berkat sistem deteksi presisi, mesin pompa hanya dihidupkan saat sensor mendeteksi parameter air kritis.
Operasional & Tenaga Kerja	Rp 3.000.000	Rp 2.500.000	Lebih efisien karena pemantauan dilakukan secara <i>real-time</i> jarak jauh
Total Biaya Produksi	Rp 16.000.000	Rp 14.200.000	Terjadi penghematan Rp 1.800.000 (11.25%)
Total Hasil Panen (Omzet)	Rp 22.500.000	Rp 27.000.000	Meningkat Rp 4.500.000 (20%)
Keuntungan Bersih (Profit)	Rp 6.500.000	Rp 12.800.000	Profit meningkat lebih dari 2x lipat (96.9%)

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa target reduksi biaya operasional sebesar 11,25% dapat direalisasikan melalui efisiensi presisi dan stabilitas ekosistem air. Penggunaan bahan bakar fosil (solar) tetap dipertahankan untuk menggerakkan perangkat berat di tambak, namun biayanya dapat ditekan secara signifikan karena pengoperasian mesin kini berbasis data (*data-driven*). Mesin tidak lagi dihidupkan secara konstan atau berdasarkan asumsi, melainkan secara presisi hanya ketika sistem

deteksi IoT memberikan peringatan penurunan kualitas air. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya meningkatkan pendapatan kotor petambak melalui eskalasi kuantitas panen, tetapi juga secara fundamental merestrukturisasi biaya operasional menjadi lebih efisien dan terukur.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian masyarakat ini berhasil memberikan solusi efektif terhadap permasalahan kualitas air tambak di Desa Sidobinangun melalui implementasi sistem filtrasi *multistage* dan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT. Sistem filtrasi yang dibangun mampu meningkatkan kejernihan dan kualitas air dengan menyaring partikel besar hingga kontaminan kimiawi, sementara sistem monitoring memungkinkan petambak memantau parameter penting seperti pH, suhu, TDS, DO, EC, ORP, dan salinitas secara *real-time* melalui *dashboard* digital. Pemasangan panel surya sebagai sumber energi membuat sistem ini dapat beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan, sehingga mendukung efisiensi operasional tambak. Sosialisasi dan pelatihan yang diberikan kepada masyarakat meningkatkan pemahaman petambak mengenai teknologi yang digunakan, serta memperkuat kapasitas mereka dalam mengelola kualitas air secara mandiri. Secara keseluruhan, program ini terbukti membantu meningkatkan produktivitas tambak, mengurangi risiko pencemaran air, serta mendukung praktik budidaya udang yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan. Inisiatif ini diharapkan dapat diterapkan lebih luas pada wilayah tambak lain yang menghadapi permasalahan serupa.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Lembaga/Badan Pengabdian kepada Masyarakat Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) serta Laboratorium Kontrol dan Otomasi Departemen Teknik Elektro ITS. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Sidobinangun, Dinas Perikanan Kabupaten Lamongan, serta seluruh masyarakat dan petambak desa yang telah berpartisipasi aktif dalam proses perancangan, pemasangan, hingga uji coba sistem. Dukungan dan kolaborasi dari seluruh pihak sangat berperan dalam keberhasilan kegiatan pengabdian masyarakat ini.

Referensi

1. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Laporan Kinerja Tahunan 2021. Jakarta: KKP; 2021.
2. Susilo E, et al. Impact of Water Quality on Whiteleg Shrimp Production in Intensive Ponds. *Aquaculture Research* 2020;51(8):3210–3221.
3. Prasetyo A, et al. IoT-Based Water Quality Monitoring Sistem for Shrimp Ponds in Banyuwangi. *Journal of Aquaculture Engineering* 2022;15(3):45–56.
4. Muhaimin M, Meliyani P, Kurnia D. Determination of temperature, pH, salinity, DO, TDS, TSS, and nitrite content in 42-day-old shrimp farming ponds. *Jurnal Kimia dan Pendidikan (JKPK)* 2022;6(1):550–563. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v6i1.51797>.
5. Inayah ZN, Jeannette J, Manan M, Yustiwati Y. Growth of Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone) in low-salinity water. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 2023;12(3):287–298. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i3.37844>.
6. Food and Agriculture Organization (FAO). Water Quality Management. In: *Shrimp Culture in Pond Systems* Rome: FAO; 1990.
7. Pauzi GA, Suryadi OF, Susanto GN, Junaidi. Rancang bangun sistem monitoring kualitas air tambak udang (*Litopenaeus vannamei*) menggunakan wireless sensor sistem (WSS) yang terintegrasi dengan PLC CPM1A. *Journal of Engineering and Technological Sciences* 2020;52(4):123–135.
8. Webster TM, Atwater LA, Smalls BF, Etter EJ. Microbial dynamics of biosand filters and contributions of the biofilm to water quality. *Applied and Environmental Microbiology* 2019;85(13):e01142–19. <https://doi.org/10.1128/AEM.01142-19>.

9. Prassetio R, Assydiqy MA, Kusmindari CD, Pasmawati Y, Gunarto M. Filtering swamp water into clean water using carbon charcoal and silica sand filter media. *International Journal of Scientific Research and Management* 2024 Feb;12(2):1018–1027. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v12i02.ec01>.
10. George, Ahammed M. Iron-modified sand filter for removal of arsenic and iron from groundwater. *Desalination and Water Treatment* 2020;198:156–165. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25971>.
11. Sugiharto WH, Bardadi A, Alfonsius E. Penilaian kualitas air secara real-time menggunakan IoWQI dan Internet of Things. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi* 2025;5(1):73–85. <https://doi.org/10.33365/jimasia.v5i1.489>.
12. Lal K, Menon S, Noble F, Arif KM. Low-cost IoT based system for lake water quality monitoring. *PLOS ONE* 2024 Mar;19(3):e0299089. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299089>.

Cara mengutip artikel ini: Iskandar, E., Agustinah, T., jazidie, A., Santoso, A., Susila, J., Arifin, I., Nugraha, Y. E., (2026), Pemanfaatan Teknologi IoT dalam Meningkatkan Produktivitas Tambak Udang: Studi Kasus di Desa Sidobinangun, *Sewagati*, 10(3):554–565, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i3.8943>.