

PENDAMPINGAN DAN PENGEMBANGAN SISTEM FILTRASI AIR BERTINGKAT BERBASIS IOT UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN PADA KELOMPOK TANI

Ufafa Anggarini^{1*}, Ndaru C. Sukmana², Yogantara S. Dharmawan³, Rafa'il⁴,
Achmad Raafi Ihza Mahendra⁵, Salwa Nafisah⁶, Mawadda Auliyani Sholikha⁷,
Amiirah Tsaabitah Ramadhani⁸, Hosniatul Musyarrofah⁹, Aleigra Fathan Brilliant¹⁰

^{1,6,7,8,9,10}Departemen Teknik Kimia, Universitas Internasional Semen Indonesia, Indonesia

^{2,4,5}Departemen Manajemen Rekayasa, Universitas Internasional Semen Indonesia, Indonesia

³Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

ufafa.anggarini@uisi.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Pencemaran air irigasi akibat limbah organik industri roti di Dusun Sanggrahan, Desa Jugo, Kecamatan Kesamben, Kabupaten Blitar, menimbulkan krisis lingkungan dan sosial-ekonomi bagi kelompok tani Bagindo Kilir. Kualitas air menurun ditandai dengan tingginya kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS) sehingga merusak kesuburan tanah dan menyebabkan pembusukan akar padi. Untuk mengatasi hal tersebut, Program Kemitraan Masyarakat ini mengembangkan teknologi penjernihan air berbasis tiga tahap utama: filtrasi, fitoremediasi, dan adsorpsi yang dilengkapi sistem kontrol dan pemantauan *Internet of Things* (IoT) melalui aplikasi Filterku.com. Program bertujuan meningkatkan keterampilan pengoperasian alat dan pemahaman kualitas lingkungan bagi 25 anggota Gapoktan Bagindo Kilir melalui ceramah, pelatihan partisipatif, praktik langsung, FGD, serta pendampingan. Evaluasi dilakukan melalui angket, observasi, wawancara, dan analisis data sensor IoT. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan lingkungan sebesar 80%, keterampilan literasi digital dan pengoperasian alat sebesar 75%, serta peningkatan kualitas air melalui penurunan kekeruhan dan normalisasi pH secara real-time.

Kata Kunci: Air Irigasi; Limbah Organik; Filtrasi Bertingkat; IoT; Pemberdayaan Masyarakat.

Abstract: Water pollution in irrigation systems caused by organic waste from the bread industry in Sanggrahan Hamlet, Jugo Village, Kesamben Subdistrict, Blitar Regency, has caused an environmental and socio-economic crisis for the Bagindo Kilir farmer group. Water quality has deteriorated, as indicated by high levels of *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) and *Total Suspended Solids* (TSS), which have damaged soil fertility and caused rice root rot. To address this issue, the Community Partnership Program has developed a three-stage water purification technology: filtration, phytoremediation, and adsorption, equipped with an *Internet of Things* (IoT) control and monitoring system through the Filterku.com application. The program aims to improve the operational skills and environmental awareness of 25 members of the Bagindo Kilir Farmers Group through lectures, participatory training, hands-on practice, focus group discussions, and mentoring. Evaluation is conducted through questionnaires, observations, interviews, and analysis of IoT sensor data. The results of the activities show an 80% increase in environmental knowledge, a 75% increase in digital literacy and equipment operation skills, and an improvement in water quality through a reduction in turbidity and real-time pH normalization.

Keywords: Irrigation Water; Organic Waste; Multi-Level Filtration; IoT; Community Empowerment.



Article History:

Received: 22-10-2025

Revised : 30-11-2025

Accepted: 01-12-2025

Online : 08-12-2025



This is an open access article under the
CC-BY-SA license

A. LATAR BELAKANG

Dusun Sanggrahan, Desa Jugo, Kesamben, Blitar merupakan salah satu produsen padi nasional dengan mayoritas penduduk bekerja sebagai petani padi. Ketergantungan lahan pertanian terhadap sistem irigasi dari Bendungan Sutami dan Sungai Kalimanis kini terancam oleh limbah organik industri roti yang masuk ke saluran irigasi. Industri pengolahan makanan umumnya menghasilkan limbah cair organik yang berasal dari sisa pencucian adonan, pembersihan peralatan, serta minyak atau lemak terlarut (Nadhiroh et al., 2023). Berdasarkan Permen LHK No.P16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 mengenai baku mutu air limbah usaha pengolahan produk susu dan derifatnya menyatakan bahwa terdapat keterkaitan antara kandungan bahan organik dalam bahan baku maupun aditif lainnya secara linier dengan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Dewi, 2023). Standar baku mutu sanitasi limbah pada industri roti berdasarkan Permenkes RI No. 1096 Tahun 2011 menyatakan bahwa jumlah maksimal kadar TSS adalah 50 mg/L, sedangkan kadar BOD adalah 40 mg/L (Sari, 2021).

Kondisi air irigasi Desa Sanggrahan saat ini keruh pekat, berbau tajam, dengan beberapa kali ditemukan komponen minyak terlarut di bagian permukaan. Berdasarkan survei awal kondisi air ditemukan sarat akan komponen organik (Hutabalian et al., 2025), yang secara drastis meningkatkan nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Multazam, Sungkowo, & Wicaksono, 2019) dan *Total Suspended Solid* (TSS) (Mathofani et al., 2022). Kandungan komponen kimia maupun partikulat tersuspensi mengakibatkan penurunan oksigen yang dapat berujung pada kerusakan ekosistem air (Sandi & Hariyanto, 2019). Dampak pencemaran air irigasi terlihat pada lahan pertanian, diantaranya tanaman padi mengalami pembusukan pada bagian pangkal, kesuburan tanah menurun, dan pertumbuhan padi terganggu. Akibatnya, para petani menghadapi permasalahan penurunan produktivitas dan penurunan pendapatan dengan peningkatan biaya untuk pupuk serta pestisida, serta tantangan potensi konflik sosial dengan pihak industri.

Upaya perbaikan kualitas air dengan kandungan TSS serta BOD tinggi dilakukan dengan solusi teknologi tepat guna yang komprehensif melalui teknik filtrasi secara bertingkat. Teknologi ini dirancang melalui pendekatan filtrasi multi-tahap yang sistematis untuk memastikan air kembali layak digunakan. Tahap awal dimulai dengan proses filtrasi menggunakan rangkaian karang jahe, kerikil berbagai ukuran, dan pasir untuk memisahkan padatan tersuspensi (Fadilah et al., 2024). Selanjutnya, teknik fitoremediasi memanfaatkan serabut organik seperti serabut kapas alami, dan dakron untuk memerangkap kontaminan berbahaya, termasuk logam berat (Ilmannafian et al., 2020). Air kemudian dialirkan melalui media zeolit dan karbon aktif pada tahap adsorpsi untuk menyerap komponen berbahaya dan mikroorganisme (Susmanto et al., 2020). Rangkaian proses ini dirancang

untuk bekerja secara sinergis dalam sebuah prototipe alat penjernih air yang diintegrasikan dengan penerapan *Internet of Things* (IoT).

Berdasarkan beberapa hal yang telah dijelaskan di atas, permasalahan utama yang dihadapi Gapoktan Bagindo Kilir, Blitar adalah kondisi dan kualitas air irigasi yang terganggu akibat cemaran limbah organik dengan kuantitas melebihi baku mutu yang ditetapkan. Selain belum tersedianya sistem pengolahan air yang memadai, para petani memiliki keterbatasan dalam menganalisis serta memantau kondisi air secara rutin. Dalam analisis awal, mitra menjelaskan penggunaan air irigasi tercemar menyebabkan potensi pembusukan pangkal tanaman, penurunan produktivitas, ketergantungan terhadap bahan kimia tambahan seperti pupuk dan pestisida. Kandungan kekeruhan tinggi diatasi melalui proses filtrasi dengan media batuan karang dan pasir silika (Shabrina, 2025), proses fitoremediasi dengan serabut dakron (Handajani et al., 2018), dan adsorpsi dengan karbon aktif maupun zeolit (Anggarini et al., 2015; Prasetya et al., 2019). Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, program kemitraan masyarakat ini menawarkan solusi berupa penggunaan filtrasi bertingkat berbasis IoT untuk memberikan laporan data analisis kualitas air secara *real-time* sebagai dasar pengambilan keputusan dalam melakukan proses pengolahan air. IoT dapat mengumpulkan dan mengolah data parameter secara *real-time* yang diintegrasikan dengan NodeMCU ESP-32 sebagai pengendali, sensor turbiditas dan sensor pH sebagai media deteksi, dan aplikasi Blynk untuk tampilan informasi hasil (Ibrahim et al., 2025).

Filtrasi partikel adalah salah satu metode pemisahan dengan basis ukuran yang berfungsi memisahkan padatan tersuspensi atau komponen lainnya dengan ukuran 1,0-1.000 μm melalui barrier pemisah yang dilengkapi dengan struktur pori tertentu (Nisa et al., 2025). Dalam analisis yang dilakukan, keberadaan partikel dan molekul lemak dari limbah industri memiliki ukuran sekitar 80-900 μm . Dalam beberapa studi literatur, beberapa penelitian telah menggunakan beberapa media filter seperti karang jahe (Astuti et al., 2025), pasir (James & Yadav, 2021), maupun zeolit (Nisa et al., 2025). Dalam proses penyaringan partikulat tersuspensi dengan ukuran yang cukup besar, beberapa faktor mempengaruhi proses filtrasi yaitu suhu, konsentrasi partikulat, ketebalan media filter, ukuran pori filter, dan struktur material filter (Nitsae et al., 2023). Proses selanjutnya adalah penerapan proses fitoremediasi. Fitoremediasi adalah proses pengurangan bahan polutan berbahaya seperti kandungan logam berat dari air limbah dengan menggunakan tanaman seperti serabut kelapa (Kencana & Radityaningrum, 2022), serat dakron (Rahmawati et al., 2025), atau tanaman enceng gondok (Novita et al., 2021). Dengan mempertimbangkan debit air yang digunakan, kecepatan proses filtrasi, dan pengurangan kandungan TSS, maka dalam program ini proses filtrasi dilakukan dengan media filter karang

jahe pada tahap awal, pasir silika dengan ukuran bertingkat, dan serat dakron.

Proses filtrasi dilanjutkan kembali dengan tahapan adsorpsi dengan material karbon aktif. Karbon aktif merupakan adsorben yang diperoleh dengan proses aktivasi secara fisika atau kimia pada suhu pirolisis tertentu hingga membentuk struktur pori aktif (Wang et al., 2022). Dalam beberapa penelitian, tim penulis telah melakukan sintesis karbon aktif dari bahan serabut siwalan (*Borassus Flabellifer*) dengan aktivasi kimia menggunakan beberapa bahan seperti K_2CO_3 (Anggarini et al., 2015), KOH, maupun NaOH (Prasetya et al., 2019). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa luas permukaan aktif karbon yang diaktivasi meningkat secara signifikan dan adsorpsi terhadap beberapa bahan seperti metilen blue dan logam berat dicapai secara optimum. Berdasarkan hal tersebut, karbon aktif berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben pada sistem penjernih air bertingkat berbasis IoT dalam program ini.

Inovasi sistem penjernih air bertingkat berbasis IoT tidak berhenti pada instalasi fisik, tetapi juga memberdayakan masyarakat melalui solusi sosial-ekonomi yang terintegrasi. Melalui penerapan *Internet of Things* (IoT), sebuah aplikasi dikembangkan untuk dioperasikan pada gawai warga, memungkinkan pemantauan dan kontrol sistem penjernih air dari jarak jauh (Dinata & Sutabri, 2023). Kualitas air sebelum dan setelah dilakukan filtrasi bertingkat dianalisis dan diukur melalui sensor yang terintegrasi dengan peralatan dan aplikasi filterku.com. Efektivitas pemurnian air dievaluasi melalui penurunan TSS dan nilai parameter pH. Di sisi lain, keberhasilan pemberdayaan diukur dari peningkatan level pengetahuan mitra mengenai kualitas air, keterampilan mengoperasikan sistem secara mandiri, hingga terbentuknya struktur organisasi lokal yang bertanggung jawab atas keberlanjutan teknologi. Pada akhirnya, program ini selaras dengan berbagai agenda strategis, mulai dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) nomor 6 (air bersih dan sanitasi) dan 3 (kehidupan sehat dan sejahtera), Rencana Induk Riset Nasional (RIRN), hingga Asta Cita, yang bertujuan membangun ketahanan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

B. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan program pemberdayaan ini dirancang melalui pendekatan sistematis dan partisipatif yang menempatkan Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Bagindo Kilir sebagai mitra aktif di setiap tahapan. Dalam kelompok Gapoktan Bagindo Kilir terdapat 25 anggota yang aktif dalam kegiatan sosial, keamanan, kelestarian lingkungan, dan pertanian. Mayoritas anggota Gapoktan Bagindo Kilir bekerja sebagai petani padi yang memanfaatkan sistem pengairan lahan dari sumber irigasi terdekat yaitu bendungan Sutami, Karangates yang bersebelahan dengan aliran sungai Brantas. Metode pelaksanaan kegiatan terdiri dari beberapa tahapan untuk

memastikan transfer pengetahuan dan peningkatan keterampilan mitra dapat dicapai secara optimal. Pertama, sosialisasi awal melalui ceramah interaktif dilakukan kepada 25 anggota aktif Bagindo Kilir untuk memberikan edukasi mengenai jenis pencemaran air dan penanggulangannya, urgensi teknologi filtrasi secara bertahap berbasis IoT, dan tahapan pelaksanaan program. Selanjutnya, pelatihan dan praktik langsung, dimana peserta secara aktif dilibatkan dalam proses perakitan alat, prosedur pembersihan, perawatan, hingga penggunaan alat filtrasi bertingkat dengan aplikasi filterku.com untuk pembacaan data hasil kualitas air. Sebagai tambahan, program juga dilakukan dengan *Forum Group Discussion* (FGD) untuk menggali tingkat pemahaman mitra terkait latar belakang permasalahan kondisi air, solusi teknis, dan strategi keberlanjutan program. Setelah pelatihan, pendampingan intensif dilakukan oleh tim dalam bentuk kunjungan lapangan secara berkala, dan diikuti dengan monitoring serta evaluasi pelaksanaan program. Pada tahapan evaluasi dilakukan beberapa upaya seperti wawancara, pengisian angket, dan observasi lapangan, untuk menilai peningkatan pengetahuan dan keterampilan Gapoktan Bagindo Kilir dalam mengoperasikan alat dan melakukan penyelesaian permasalahan sederhana.

Pelaksanaan program terdiri dari 7 tahapan utama yang dilaksanakan untuk mencapai solusi seperti terlihat pada Gambar 1, yang terdiri dari tahapan persiapan, koordinasi, instrumentasi, pelatihan, monitoring, perbaikan, serta penyusunan laporan. Proses ini diawali dengan tahap persiapan, meliputi survei kondisi lapangan, koordinasi awal dengan mitra terkait permasalahan air irigasi yang dihadapi sekaligus pengambilan beberapa sampel air, serta pendekatan sosial. Secara paralel, tim pelaksana melakukan uji coba skala laboratorium untuk menentukan kandungan komponen dalam air irigasi warga pada beberapa titik lokasi seperti muara sebelum melewati industri roti, dan kondisi air setelah melewati lokasi industri. Hasil pengujian sampel air selanjutnya digunakan sebagai dasar pemilihan media filtrasi bertingkat. Selanjutnya tim pelaksana mulai membuat desain alat filtrasi bertingkat dengan penempatan sensor yang mampu mendeteksi kondisi air sebelum dan setelah proses filtrasi untuk selanjutnya diproses lebih lanjut pada proses fitoremediasi dan adsorpsi. Tahapan ini dilakukan untuk memvalidasi efektivitas sistem penjernih air sebelum diterapkan di lapangan.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan program

Setelah fondasi persiapan terbentuk, program berlanjut ke tahap instrumentasi dan implementasi teknologi. Berdasarkan hasil uji laboratorium, prototipe alat penjernih air yang mengintegrasikan filtrasi, fitoremediasi, dan adsorpsi dirakit dan disempurnakan. Tahap ini dilanjutkan dengan pelatihan dan pendampingan intensif bagi mitra Gapoktan Bagindo Kilir. Kegiatan ini tidak hanya mencakup demonstrasi penggunaan alat secara fisik, tetapi juga pelatihan pengoperasian aplikasi IoT untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui *filterku.com*. Pendampingan dilakukan secara berkala untuk memastikan mitra mampu mengelola teknologi secara mandiri.

Beberapa upaya strategis dilakukan untuk pencapaian luaran yang ditetapkan dengan metode pendekatan observasi, desain eksperimental serta konseptualisasi, perwujudan sistem instrumentasi filtrasi bertahap dengan kontrol jarak jauh berbasis IoT, dan implementasi program seperti tertera pada bagan alur Gambar 2. Peran aktif mitra Gapoktan Bagindo Kilir menjadi kunci utama dalam metode ini. Keterlibatan mitra tampak sejak awal mulai dari identifikasi masalah, penentuan lokasi strategis penempatan alat filtrasi, hingga memberikan masukan desain alat agar sesuai dengan debit air dan frekuensi kebutuhan lokal. Selama implementasi, Gapoktan Bagindo Kilir berperan aktif sebagai operator mesin filtrasi, melakukan pencatatan, dan membuat pelaporan hasil secara berkala. Proses ini didukung oleh siklus monitoring, evaluasi, dan perbaikan yang berkelanjutan. Salah satu indikator untuk mengevaluasi kinerja sistem filtrasi adalah nilai kekeruhan atau turbiditas (TSS) yang dapat diukur dengan sensor pada air sebelum dan sesudah melalui filter. Tim pelaksana secara rutin mengontrol kinerja sistem, dan setiap masukan dari mitra digunakan sebagai dasar untuk memodifikasi dan meningkatkan kualitas alat maupun aplikasi.



Gambar 2. Alur pelaksanaan program dalam pencapaian target kegiatan

Evaluasi program akan dilakukan secara berkala melalui observasi lapangan dan wawancara serta pengisian angket dari anggota Gapoktan. Keberhasilan program dengan 7 tahapan yang terpadu dan berkesinambungan diukur melalui beberapa indikator seperti peningkatan kemampuan mitra dalam pengetahuan lingkungan, keterampilan pengorasian sistem filtrasi berbasis IoT, serta kemampuan pembacaan dan pemahaman data kualitas air. Indikator tersebut diukur dengan angket yang dibagikan kepada anggota Gapoktan sebelum dan sesudah program (*pre-test*

dan *post-test*). Pengukuran *softskill* menggunakan skala 1-5 (1=Tidak tahu, 2=Kurang paham, 3=Cukup paham, 4=Paham, dan 5=Sangat paham).

Peningkatan tersebut diukur dengan menghitung selisih nilai sebelum dan sesudah program. Pengukuran keterampilan teknis melalui lembar observasi dengan indikator kerja, seperti kemampuan mengoperasikan alat, menyalakan pompa, melakukan pembersihan, membaca data, dan menggunakan dashboard aplikasi *filterku.com*. Hasil-hasil pengukuran melalui angket tersebut kemudian divalidasi dengan wawancara dan FGD dengan anggota Gapoktan untuk menilai pemahaman melalui pertanyaan terbuka dan mencocokkan dengan perilaku anggota Gapoktan saat menjalankan alat. Untuk menjamin dampak jangka panjang, keberlanjutan program menjadi fokus pada tahap akhir. Strategi ini mencakup pembentukan struktur organisasi lokal yang bertanggung jawab atas perawatan sistem, menjalin kerja sama dengan pemerintah daerah, dan memberdayakan mitra sebagai agen yang siap mereplikasi konsep ini di wilayah lain.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kondisi Air Irigasi Dusun Sanggrahan, Jugo, Blitar

Mayoritas penduduk Dusun Sanggrahan memiliki pekerjaan sebagai petani terutama komoditi padi seperti tertera pada Gambar 3a. Pemenuhan kebutuhan air pada lahan pertanian warga disuplai melalui aliran air irigasi yang bersumber dari bendungan Sutami, Blitar. Keberadaan industri makanan pada sekitar lokasi irigasi menyebabkan masuknya kandungan bahan organik terlarut serta lemak ke badan air irigasi. Hal tersebut mengakibatkan padi di lokasi dusun menjadi membusuk di bagian pangkal tanaman (Gambar 3b) akibat tingginya kandungan bahan organik yang memicu pertumbuhan mikroorganisme pembusuk secara berlebihan. Tim pelaksana program melakukan pengecekan kondisi air pada beberapa lokasi baik sebelum aliran yang bermuara mendekati industri (Gambar 3c) maupun lokasi setelah aliran yang melewati industri (Gambar 3d). Hasil analisis laboratorium kandungan bahan di dalam air irigasi Dusun Sanggrahan seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Air Irigasi Dusun Sanggrahan pada Beberapa Lokasi Analisis Baik Sebelum dan Setelah Lokasi Industri

Parameter	Sebelum	Setelah
pH	7.35	7.34
Turbiditas (NTU)	17.9	22.4
TDS (mg/L)	98.0	99.0
Warna (PtCo)	105.0	230.0
COD (mg/L)	100.4	105.5
Nitrit (ppm)	2.00	2.00
Nitrat (ppm)	2.40	2.30
Amonia (ppm)	0.15	0.16



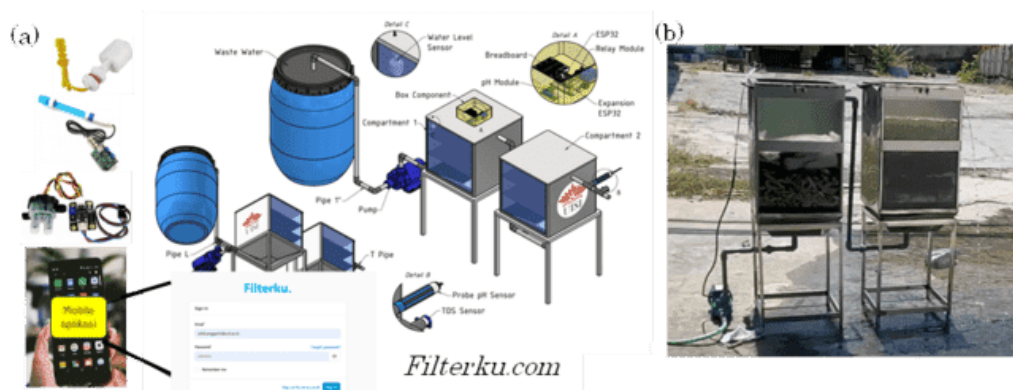
Gambar 3. (a) Kegiatan Gapoktan Bagindo Kilir mayoritas bertanam padi; (b) gambaran bonggol padi membusuk akibat limbah; (c) kondisi air irigasi sebelum melewati aliran industri; dan (d) kondisi air irigasi setelah melewati aliran industri

Berdasarkan data analisis komponen dalam Tabel 1 menunjukkan nilai beberapa parameter yang masih berada dalam batasan normal, seperti nilai pH, kadar nitrat, nitrit, maupun ammonia dalam satuan ppm. Akan tetapi, nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang cukup tinggi ditemukan terutama pada air irigasi setelah melewati muara industri makanan yang meningkat menjadi 105.5 mg/L. Roberth (2023) menyatakan karakteristik limbah bahan organik mengandung sekitar 75% padatan tersuspensi dan padatan yang dapat disaring dalam bentuk senyawaan organik yang umumnya ditemui dalam bentuk karbon, lemak, maupun protein (Roberth AN, 2023). Keberadaan bahan-bahan organik ini memicu proses pembusukan oleh mikroorganisme dengan adanya oksigen terlarut dalam suatu bahan komoditi. Selain itu, Struk-Sokolowska & Tkaczuk (2018) juga menjelaskan bahwa dalam limbah cair industri roti mengandung yeast yang merupakan permasalahan utama polusi yang menyebabkan tingginya nilai COD, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), maupun parameter warna yang lebih gelap. Nilai turbiditas atau kekeruhan air juga mengalami peningkatan dari 17.9 NTU menjadi 22.4 NTU, yang menunjukkan adanya peningkatan jumlah komponen terlarut maupun komponen tersuspensi dalam badan air irigasi.

2. Perakitan Sistem Penjernih Air Bertingkat dengan Integrasi IoT

Berdasarkan analisis awal kondisi air irigasi Dusun Sanggrahan yang telah diperoleh, selanjutnya tim pelaksana program merumuskan penerapan sistem penjernih air berbasis filtrasi, fitoremediasi, dan adsorpsi yang diintegrasikan dengan penerapan sistem kontrol jarak jauh memanfaatkan IoT dengan konsep seperti tertera pada Gambar 4a. Filtrasi adalah metode

penjernihan air untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi melalui suatu bahan berpori serta memiliki kemampuan untuk menahan partikulat tersebut (Ilyas et al., 2021). Proses filtrasi dalam program ini dilakukan dengan menggunakan media karang jahe dengan dua ukuran bervariasi dan dilengkapi dengan pasir silika dengan 2 ukuran berbeda. Fitoremediasi merupakan salah satu metode alternatif proses filtrasi dengan menggunakan serat alami yang dapat mengurangi kandungan bahan organik maupun logam berbahaya (Aris et al., 2021; Nursagita, 2021). Dalam kegiatan ini, fitoremediasi dilakukan dengan media serat kapa salami dan serat dakron yang memiliki kemampuan dalam pengurangan kandungan komponen organik terlarut dalam bahan air limbah industri roti. Sedangkan adsorpsi merupakan proses penyerapan komponen ion-ion berbahaya dengan menggunakan adsorben karbon aktif maupun zeolit (Aris et al., 2021; Nursagita, 2021). Karbon aktif merupakan salah satu jenis material berpori dengan luas permukaan tinggi yang diperoleh melalui proses aktivasi kimia sebagai aktivator (Prasetya et al., 2019). Perwujudan sistem penjernih air secara bertingkat dengan kapasitas 10 L/min untuk solusi permasalahan air irigasi warga Dusun Sanggarahan yang tergabung dalam Gapoktan Bagindo Kilir seperti terlihat pada Gambar 4b.



Gambar 4. (a) Rancangan peralatan filtrasi bertingkat terdiri dari filtrasi, fitoremediasi, adsorpsi yang diintegrasikan dengan sistem sensor berbasis IoT yang terhubung langsung pada gawai warga; dan (b) perwujudan alat filtrasi bertingkat dengan dua kompartemen untuk memfasilitasi filtrasi, fitoremediasi, dan adsorpsi dilengkapi dengan sistem sensor kontrol jarak jauh

Detil komponen dalam alat filtrasi bertingkat beserta dengan manfaat fungsi masing-masing komponen seperti tertera pada Tabel 2. Kompartemen adsorpsi dilengkapi dengan karbon aktif berperan dalam penyerapan komponen berbahaya yang bersifat terlarut dalam badan air seperti logam berat ataupun ion penyebab kesadahan. Karbon aktif merupakan suatu material yang secara efektif dan ramah terhadap lingkungan dengan kemampuan adsorpsi komponen berbahaya pada limbah cair suatu industri (Fito et al., 2023; Takele et al., 2025). Sejalan dengan penelitian tersebut, tim pengusul telah mengembangkan sintesis karbon aktif dari bahan sabut siwalan dengan aktivator kimia, sehingga kemampuan karbon aktif dalam

memisahkan komponen berbahaya telah dikonfirmasi melalui penelitian sebelumnya (Prasetya et al., 2019). Kompartemen penjernih air terbuat dari akrilik agar memudahkan untuk melihat proses yang terjadi di dalamnya serta sebagai media pembelajaran.

Tabel 2. Spesifikasi Komponen Media Filter dalam Alat Filtrasi Bertingkat dengan Manfaat Fungsinya

No.	Komponen	Spesifikasi	Manfaat dan Fungsi
1.	Material tangki	Stainlesssteel, akrilik	Peralatan filtrasi sekaligus media pembelajaran visual dan demonstratif
2.	Fitrasi	Batu karang dan pasir silika	Menghilangkan partikel padatan tersuspensi, menurunkan kekeruhan dan turbiditas
3.	Fitoremediasi	Serat kapas alami, dan serat dakron	Menyerap senyawa organik berlebih, lemak, dan karbon
4.	Adsorpsi	Karbon aktif dan zeolit	Menghilangkan kandungan ion logam berat, dan kandungan senyawa beracun
5.	Sistem IoT	Sensorturbiditas, pH, level air ke aplikasi filterku.com	Pemantauan secara langsung atau real-time melalui aplikasi di gawai warga filterku.com
6.	Kapasitas Output	10 L/min	Target kecukupan untuk kebutuhan irigasi lokal Dusun Sanggrahan

Sistem penjernih air dilengkapi dengan fitur kontrol dan pamantauan kualitas air yang dirancang berbasis IoT (*Internet of Things*). Sistem dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk membaca data dari sensor pH dan sensor turbidity yang terpasang pada saluran air. ESP32 adalah mikrokontroler yang bersifat *open source* atau dapat diakses secara terbuka yang diperkenalkan oleh *Espressif System* untuk digunakan dalam IoT (Musayyanah et al., 2024). Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air, parameter ini adalah parameter yang penting untuk menentukan kualitas air terutama untuk pertanian. Sementara itu, sensor turbiditas mendeteksi tingkat kekeruhan air berdasarkan jumlah partikel tersuspensi di dalamnya. Sensor turbiditas diletakkan sebelum dan sesudah filtrasi, sehingga dengan parameter ini kita dapat mengetahui efektivitas filtrasi. Sensor turbiditas ini mampu mendeteksi kandungan kekeruhan pada berbagai kondisi air secara konstan dengan akurasi yang baik (Supriyono et al., 2021). Sistem akan memberikan peringatan jika kekeruhan sebelum dan sesudah filtrasi memiliki nilai yang sama, artinya dibutuhkan penggantian media filtrasi. Data dari kedua sensor dikirim ke ESP32, kemudian diproses untuk menentukan kondisi air apakah layak atau belum secara realtime melalui aplikasi. Pengguna dimungkinkan untuk menyalakan atau mematikan sistem dari jarak jauh melalui aplikasi *filterku.com*. Perintah yang diberikan melalui aplikasi akan dikirim ke ESP-32 lalu diteruskan ke relay untuk menyalakan atau

mematikan pompa air. Fitur ini memungkinkan efektivitas dan efisiensi penggunaan filtrasi karena sistem akan dinyalakan pada saat diperlukan saja. Sistem ini dihubungkan dengan platform monitoring berbasis web atau aplikasi, sehingga pengguna dapat memantau data pH, kekeruhan, serta status pompa secara real-time dari jarak jauh. Dengan kombinasi sensor, ESP32, dan sistem kendali otomatis ini, alat penjernih air mampu bekerja secara efisien, adaptif terhadap kondisi lingkungan, dan mendukung pengelolaan air bersih yang berkelanjutan di masyarakat.

3. Implementasi dan Sosialisasi Sistem Penjernih Air Bertingkat dengan Sistem IoT

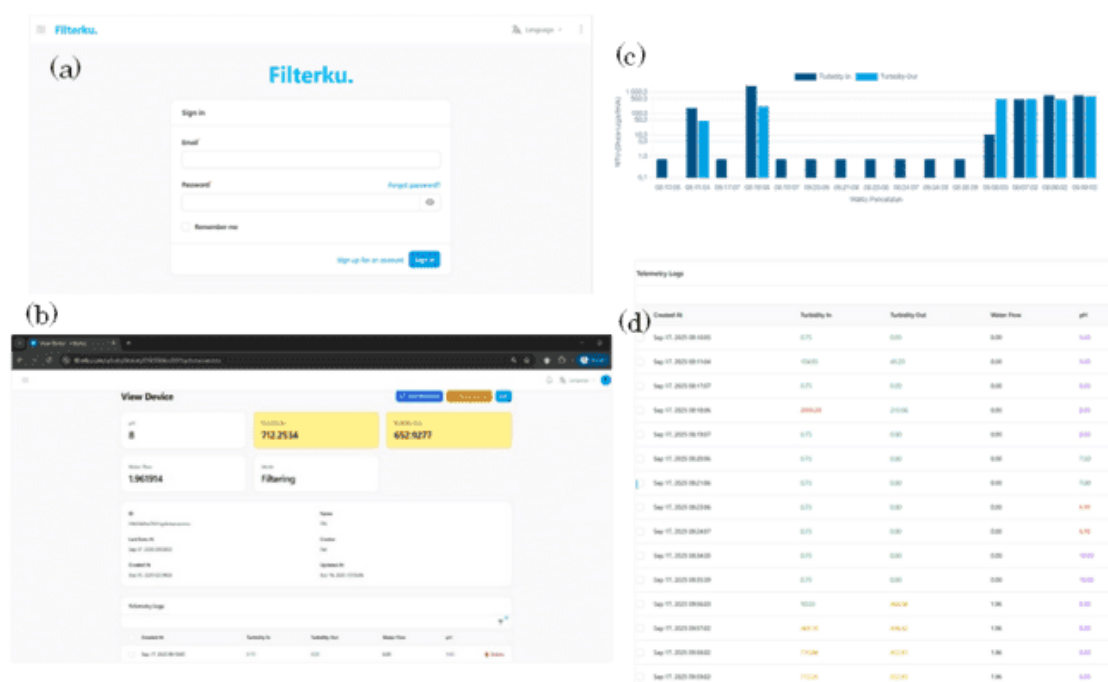
Gambar 5 menunjukkan rangkaian kegiatan yang dilaksanakan oleh tim program kemitraan masyarakat yang difokuskan ke Gapoktan Bagindo Kilir, Dusun Sanggrahan, Blitar. Kegiatan diawali dengan pembuatan program pada sistem penjernih air melalui integrasi sensor dengan sistem ESP-32, yang kemudian dihubungkan dengan aplikasi *filterku.com*. Secara parallel, tim pelaksana juga melakukan pembuatan rangkaian penjernih air bertahap dan pengujian pada skala laboratorium seperti ditunjukkan pada Gambar 5a. Hasil integrasi antara sistem penjernih air bertingkat dengan sensor turbiditas, pH, maupun level ketinggian air terbukti mampu digunakan secara sinergi dengan aplikasi *filterku.com*. Sehingga berdasarkan hal tersebut, selanjutnya tim pelaksana melakukan pemasangan alat penjernih air pada Lokasi Dusun Sanggrahan (Gambar 5b dan Gambar 5d). Sosialisasi, monitoring, dan evaluasi (Gambar 5c) penggunaan alat maupun aplikasi dilakukan oleh tim pelaksana untuk memberikan pemahaman kepada warga mengenai proses pengolahan air tercemar hingga diperoleh air dengan kualitas bersih dengan bahan alam yang tersedia secara komersial. Selain itu, dalam sosialisasi, warga memperoleh kesempatan untuk mendapatkan pengetahuan memproses data kualitas air melalui aplikasi *filterku.com*.



Gambar 5. (a) Rangkaian kegiatan program kemitraan masyarakat sistem penjernihan air irigasi Dusun Sanggrahan yang terdiri dari perakitan alat dan uji coba laboratorium; (b) instalasi alat di lokasi Dusun Sanggrahan; (c) sosialisasi, pelatihan, dan uji coba alat serta aplikasi *filterku.com*; dan (d) alat penjernih air yang telah terpasang di Dusun Sanggrahan terintegrasi dengan IoT.

4. Monitoring dan Evaluasi Sistem Penjernih Air Bertingkat dengan Integrasi IoT

Gambar 6a dan Gambar 6b menunjukkan aplikasi berbasis website filterku.com dengan data-data yang dihasilkan sebelum dan setelah dilakukannya proses filtrasi secara bertingkat dengan integrasi sistem IoT. Kebermanfaatan teknologi ini adalah pada peningkatan kualitas air di wilayah Dusun Sanggrahan, dimana sebelumnya kualitas air mengalami kendala cemaran yang berasal dari limbah bahan organik industri roti di sekitar wilayah tersebut. Keberadaan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan kemandirian masyarakat dalam memperoleh air bersih setiap saat dan menjaga kelestarian lingkungan serta memitigasi dampak limbah ke lingkungan atau bahkan pada kesehatan. Tambahan pada sistem kontrol jarak jauh yang dapat diinstal pada gawai penduduk mempermudah pengecekan kualitas air pada waktu tertentu (Gambar 6c dan Gambar d). Berdasarkan data yang ditampilkan pada Gambar 6c dan Gambar d menunjukkan pencatatan hasil kualitas air irigasi terhadap fungsi waktu pengamatan. Hasil Penerapan di masyarakat menunjukkan hasil yang menjanjikan.



Gambar 6. Halaman depan tampilan aplikasi berbasis website filterku.com (a), tampilan aplikasi saat proses pengukuran kualitas air sebelum dan setelah proses filtrasi bertahap (b), dan hasil *telemetry logs* hasil filtrasi uji coba terhadap waktu pengamatan (c dan d)

Implementasi program ini telah berhasil mewujudkan sistem filtrasi air yang fungsional dan disambut dengan sangat positif oleh masyarakat Dusun Sanggrahan. Umpan balik dari warga secara konsisten menunjukkan bahwa kehadiran teknologi ini memberikan dampak nyata dan mereka merasa sangat terbantu dalam mengatasi masalah kualitas air irigasi. Terlebih lagi,

integrasi sistem dengan platform monitoring online di filterku.com yang berjalan melalui penangkapan data *real-time* melalui sensor pada filter, memungkinkan pemantauan hasil secara transparan. Meskipun volume air hasil filtrasi pada tahap awal ini belum signifikan, data kuantitatif yang terekam secara *real-time* melalui sistem IoT menegaskan bahwa kualitas air yang keluar dari filter telah menunjukkan perbaikan yang sangat baik. Temuan ini membuktikan bahwa teknologi yang diterapkan tidak hanya dapat dioperasikan oleh masyarakat, tetapi juga efektif dalam menjernihkan air, memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan dan peningkatan skala di masa mendatang.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Dusun Sanggrahan telah berhasil menjawab tantangan kritis terkait pencemaran air irigasi yang selama ini menghambat produktivitas pertanian. Pelaksanaan program ini mampu memberikan peningkatan kemampuan mitra baik secara *hardskill* maupun *softskill*, diantaranya adalah peningkatan pengetahuan lingkungan sebesar 80%, peningkatan keterampilan pengorasian alat filtrasi bertingkat berbasis IoT sebesar 75%, dan peningkatan kemampuan warga dalam literasi digital melalui kemampuan pembacaan dan pemahaman data kualitas air sebesar 75%. Melalui implementasi sistem penjernih air multi-tahap (filtrasi, fitoremediasi, dan adsorpsi) yang inovatif dan terintegrasi dengan platform monitoring *Internet of Things* (IoT) di filterku.com, program ini tidak hanya menyediakan solusi teknis tetapi juga memberdayakan masyarakat melalui pendekatan partisipatif. Hasil monitoring telemetri menunjukkan penurunan tingkat kekeruhan (turbiditas) air secara signifikan, membuktikan efektivitas sistem bahkan pada saat input air mencapai tingkat kekeruhan puncak. Respon positif dari masyarakat mengonfirmasi bahwa teknologi ini mudah dioperasikan dan memberikan dampak langsung yang dirasakan. Dengan demikian, program ini secara efektif mendemonstrasikan bahwa kombinasi teknologi tepat guna, inovasi digital, dan keterlibatan aktif komunitas dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas sumber daya air, mendukung ketahanan pangan lokal, dan meningkatkan kesejahteraan petani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTISAINTEK yang telah membiayai pengabdian kepada masyarakat ini dengan nomor kontrak 060/LL7/DT.05.00/PM/2025, 02/KPM.DPPM/03- 01.03.04/05.25 dan Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Internasional Semen Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- Anggarini, U., Agustina, E., & Widiastuti, N. (2015). Crystal Phase and Surface Morphology of Zeolite-Y Templated Carbon with K_2CO_3 and $ZnCl_2$ Activation. *Indonesian Journal of Chemistry*, 15(3), 315-318.
- Aris, B. S., Rudi, R., & Lasarido, L. (2021). Pengelolaan limbah industri tahu menggunakan berbagai jenis tanaman dengan metode fitoremediasi. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 20(2), 257-264.
- Astuti, D. K. W., Jaya, A. R., & Nindito, D. A. (2025). TDS dan pH yang Dihasilkan Penjernih Air Sarang Tawon Akibat Perbedaan Ketebalan dan Kerapatan Media Filter Sabut Kelapa. *Jurnal Teknik Sipil*, 21(2), 319-333.
- Dewi, M. N. S. (2023). Analysis of Color and Chemical Oxygen Demand (COD) in Textile Industry Wastewater: Analisis Warna dan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Industri Tekstil. *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 3(2), 77-83.
- Dinata, A., & Sutabri, T. (2023). Perancangan sistem rekayasa internet pada implementasi smarthome berbasis IoT. *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, 4(3), 169-183.
- Fadilah, L., Mualim, M., & Sari, A. K. (2024). Pengaruh Batu Karang Jahe dalam Penurunan Chemical Oxygen Demand dan Total Suspended Solid Pada Limbah Cair Domestik Dengan Metode Biofilter Anaerob-Aerob. *Journal of Nursing and Public Health*, 12(2), 413-421.
- Fito, J., Abewaa, M., Mengistu, A., Angassa, K., Ambaye, A. D., Moyo, W., & Nkambule, T. (2023). Adsorption of methylene blue from textile industrial wastewater using activated carbon developed from *Rumex abyssinicus* plant. *Scientific Reports*, 13(1), 5427.
- Handajani, H., Widanarni, W., Budiardi, T., Setiawati, M., & Sujono, S. (2018). Phytoremediation of Eel (*Anguilla bicolor bicolor*) rearing wastewater using amazon sword (*Echinodorus amazonicus*) and water jasmine (*Echinodorus palaefolius*). *Omni-Akuatika*, 14(2), 43-51.
- Hutabalian, F. R., Panjaitan, D. I., Hutaeruk, T. L., Hutasoit, A. T. M., Situmeang, L. G., Surbakti, S. F. B., . . . Nahampun, B. M. K. (2025). Peningkatan Kualitas Air Bersih Melalui Penggantian Saringan Air Di Rumah Warga Desa Simpang Sigura Gura. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Jotika*, 4(2), 62-66.
- Ibrahim, M. I., Abrianto, H., & Sidik, A. D. (2025). Implementasi Sistem Pemantauan Beban Listrik Real-Time Pada Instalasi Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. *Journal Scientific of Mandalika (JSM) e-ISSN 2745-5955 / p-ISSN 2809-0543*, 6(5), 1174-1179.
- Ilmannafian, A. G., Lestari, E., & Khairunisa, F. (2020). Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan metode filtrasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 244-253.
- Ilyas, I., Tan, V., & Kaleka, M. (2021). Penjernihan air metode filtrasi untuk meningkatkan kesehatan masyarakat RT Pu'uzeze Kelurahan Rukun Lima Nusa Tenggara Timur. *Warta Pengabdian*, 15(1), 46-52.
- James, A., & Yadav, D. (2021). Valorization of coconut waste for facile treatment of contaminated water: a comprehensive review (2010–2021). *Environmental Technology & Innovation*, 24, 102075.
- Kencana, E. M., & Radityaningrum, A. D. (2022). Kombinasi filtrasi dan fitoremediasi untuk pengolahan limbah cair industri batik. *Dampak*, 19(2), 56-65.
- Mathofani, S., Lestari, D. D., & Diyanah, K. C. (2022). Gambaran Higiene dan Sanitasi Jasa Boga di “K” Katering Kabupaten Banyuwangi Overview

- Higiene and Sanitation of Katering Service at “K” Catering in Banyuwangi Regency.
- Multazam, N., Sungkowo, A., & Wicaksono, A. P. (2019). *Identifikasi Tingkat Pencemaran Air Tanah di Desa Sariharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI.
- Musayyanah, M., Bayunugraha, E., Harianto, H., & Pratikno, H. (2024). Analysis of pH and Turbidity Sensor Outputs in Shrimp Ponds for Vannamei Shrimp Commodities. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 8(1), 77-85.
- Nadhiroh, N., Jati, D. R., & Pramadita, S. (2023). Analisis Higiene Dan Sanitasi Pada Industri Roti Berdasarkan Permenkes RI Nomor 1096 Tahun 2011. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 7(3), 239-251.
- Nisa, M. A., Laily, N., Abya, L. F., Agustinawati, S. E., & Krislailani, Y. I. (2025). *Pengelolaan Air Bersih Berbasis Teknologi Filtrasi Air*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Nitsae, M., Solle, H. R., Blegur, W. A., & Solissa, A. P. (2023). Rancang Bangun Dan Kinerja Alat Borazsilab Filter Dengan Sistem Filtrasi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 41(2).
- Novita, E., Agustin, A., & Pradana, H. A. (2021). Pengendalian potensi pencemaran air limbah rumah pemotongan ayam menggunakan metode fitoremediasi dengan beberapa jenis tanaman air (Komparasi antara tanaman eceng gondok, kangkung, dan melati air). *Agroteknika*, 4(2), 106-119.
- Nursagita, Y. S. (2021). *Kajian Fitoremediasi untuk menurunkan konsentrasi logam berat di wilayah pesisir menggunakan tumbuhan mangrove*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
- Prasetya, F. A., Anggarini, U., Mustofa, S., Sholihah, S., Iqbal, F., Hanafi, H., & Septyano, D. B. Synthesis and Characterization of Reduced Graphene Oxide from Fiber of Borassus Flabelifer by Activation Method. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 16(1), 17-22.
- Prasetya, F. A., Anggarini, U., Zakaria, Y., & Putri, R. D. S. (2019). *Synthesis and Characterization of Supercapacitor Electrode from Fiber of Borassus flabelifer L by Activation Method*. Paper presented at the Materials Science Forum.
- Rahmawati, A., Sianturi, A. S., Yuniarti, A., & Supriatin, F. E. (2025). The Effect of Different Types of Mechanical Filters in the Recirculation System on the Growth and Survival rates of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 9(1), 62-71.
- Roberth AN, L. (2023). *Pengolahan Menggunakan Biofilter Anaerob Untuk Memperbaiki Kualitas Kadar COD, BOD, TSS, TDS dan Ph Limbah Cair Industri Tempe MM Kabupaten Bantul Yogyakarta*. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta,
- Sandi, R. D., & Hariyanto, B. (2019). Analisis kualitas air dan distribusi limbah cair industri tahu di Sungai Murong Kecamatan Jogoroto Kabupaten Jombang. *Swara Bhumi*, 1(2).
- Sari, A. A. K. (2021). *Evaluasi Higiene Sanitasi Pecel Pithik Di Desa Kemiren Kecamatan Glagah Kabupaten Banyuwangi Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1096 Tahun 2011 Serta Analisis Risiko Terhadap “Food Borne Disease” Di Masyarakat*. Bulk Takedown 2021,
- Shabrina, H. M. (2025). Efektivitas Biofiltrasi Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik di Indonesia. *Cerdika: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 5(10), 1969-1977.
- Struk-Sokolowska, J., & Tkaczuk, J. (2018). Analysis of bakery sewage treatment process options based on COD fraction changes. *Journal of Ecological Engineering*, 19(4), 226-235.

- Supriyono, H., Hibatullah, A., & Harismah, K. (2021). *Turbidity Monitoring of Freshwater Using Internet of Things Platform*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Susmanto, P., Yandriani, Y., Dila, A. P., & Pratiwi, D. R. (2020). Pengolahan zat warna direk limbah cair industri jumputan menggunakan karbon aktif limbah tempurung kelapa pada kolom adsorpsi. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 4(2), 77-87.
- Takele, T., Angassa, K., Abewaa, M., Kebede, A. M., & Tessema, I. (2025). Adsorption of methylene blue from textile industrial wastewater using activated carbon developed from H₃PO₄-activated khat stem waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(3), 4085-4108.
- Wang, X., Cheng, H., Ye, G., Fan, J., Yao, F., Wang, Y., . . . Ye, D. (2022). Key factors and primary modification methods of activated carbon and their application in adsorption of carbon-based gases: A review. *Chemosphere*, 287, 131995.