



JKWI

Jurnal Kewirausahaan & Inovasi

Volume 4 Issue 1, 2026 (1-8)

ISSN (online) : 3025-5112

Homepage : <https://jurnalunived.com/index.php/JKWI>

Optimalisasi Teknologi *Ferotrap* Magnetik Terintegrasi Sensor IoT Sebagai Upaya Mitigasi Mikroplastik Untuk Peningkatan *Income* Petani Lokal

Bintang Romadhon Putra Alasyari ¹, Nindya Aliyah Maulidina ², Hikmal Akbar Habibie ³,
R. Mohammad Alghaf Dienullah ⁴

¹Fakultas Teknik dan Sains/Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jawa Timur, Indonesia

²Fakultas Ekonomi dan Bisnis/Departemen Akuntansi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"
Jawa Timur, Indonesia

Koresponden: 24034010002@student.upnjatim.ac.id

Abstract. Microplastic contamination in irrigation systems threatens soil quality and crop productivity. This study evaluates the potential of FERRO-PLANT, a ferro-magnetic trap integrated with IoT sensors, as a preventive mitigation approach. A qualitative literature review was conducted using secondary data from recent scientific publications, analyzed through content and comparative methods. Results indicate that microplastics reduce soil function and photosynthetic efficiency. FERRO-PLANT offers selective adsorption, real-time monitoring, and microhydro-based energy support. Projections show productivity increases of 8–12% and cost reductions of 10–15%, raising farmer income by 18–27%. The system is promising for sustainable agriculture and food security.

Keywords: *Microplastics, Irrigation, Ferro-Magnetic Trap, IoT, Sustainable Agriculture.*

Abstrak. Pencemaran mikroplastik pada irigasi pertanian menurunkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Penelitian ini menganalisis potensi FERRO-PLANT, yaitu ferotrap magnetik terintegrasi IoT, sebagai solusi mitigasi preventif. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan analisis isi dan komparatif terhadap data sekunder. Hasil menunjukkan mikroplastik mengganggu fungsi tanah dan fotosintesis. FERRO-PLANT bekerja melalui adsorpsi selektif, monitoring real-time, dan energi mikrohidro. Proyeksi menunjukkan peningkatan produktivitas 8–12% dan penurunan biaya 10–15%, sehingga pendapatan petani meningkat 18–27%. Teknologi ini berpotensi mendukung pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: *Mikroplastik, Irigasi, Ferotrap Magnetik, IoT, Pertanian Berkelanjutan.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan potensi kekayaan sumber daya alam yang melimpah, khususnya terletak pada sektor pertanian lokal sebagai penopang sistem kemandirian pangan nasional. Pada tahun 2022, sektor pertanian berkontribusi sebagai pasokan komoditas pangan unggulan, penyumbang pendapatan negara, serta penyerap tenaga kerja dalam jumlah signifikan sehingga berperan strategis dalam pertumbuhan ekonomi negara (Suwandi et al., 2022). Sejalan dengan hal tersebut, pencapaian kemandirian pangan berkelanjutan menjadi salah satu pilar utama dalam mewujudkan visi Indonesia Emas 2045. Data yang telah dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa per Februari 2025

sektor pertanian menjadi penyerap tenaga kerja terbesar, yaitu 28,54% dari total angkatan kerja nasional atau sekitar 40,67 juta orang, serta mampu menciptakan sekitar 890 ribu lapangan kerja baru dalam satu tahun terakhir. Penguatan basis data melalui Sensus Pertanian 2023 (ST2023), semakin menegaskan posisi pertanian sebagai sektor kunci pembangunan berbasis sumber daya lokal, namun keberlanjutan kontribusinya sangat ditentukan oleh kualitas lingkungan penyangga yang kini menghadapi dampak dari krisis pencemaran yang semakin kompleks.

Fenomena peningkatan produksi dan konsumsi plastik dalam beberapa tahun terakhir telah memperbesar akumulasi residu mikroplastik di lingkungan. Data dari *Environmental Science & Technology* (2024) menunjukkan bahwa masyarakat Indonesia diperkirakan mengonsumsi sekitar 15 gram mikroplastik per bulan setara satu kartu ATM, hal ini menempatkan Indonesia pada posisi ketiga negara tertinggi penyumbang tingkat konsumsi mikroplastik di dunia setelah India dan Nigeria. Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel plastik berukuran kurang dari 5 milimeter yang berasal dari degradasi plastik besar maupun produk sintetis, telah terdeteksi di tanah pertanian, perairan irigasi, dan jaringan organisme hidup (Cai et al., 2023). Variasi ukuran, bentuk (fragmen, fiber, pellet, film), serta dominasi warna gelap seperti hitam, biru menyulitkan identifikasi dan pengendalian secara konvensional (Pamungkas et al., 2022). Paparannya terbukti menurunkan biomassa biota tanah, meningkatkan mortalitas organisme, dan mengganggu fungsi fisik tanah, sementara kebijakan yang ada masih berfokus pada sampah makro dan belum menyentuh mitigasi preventif mikroplastik di sistem pertanian (Huerta Lwanga et al., 2016).

Namun, di tengah upaya peningkatan produktivitas pertanian dan adopsi teknologi budidaya modern, sistem biodiversitas pangan kini menghadapi ancaman tersembunyi berupa pencemaran mikroplastik di lahan produksi. Studi menunjukkan bahwa konsentrasi mikroplastik pada tanah pertanian intensif dapat melampaui kompartemen perairan akibat akumulasi residu plastik. Penelitian pada 10 Maret 2025 yang dipublikasikan dalam "*Proceedings of the National Academy of Sciences*", melaporkan bahwa paparan mikroplastik menurunkan produktivitas efisiensi dalam proses fotosintesis, berpotensi menyebabkan penyusutan kerugian tahunan sebesar 109,73–360,87 juta *metrik ton* (MT) untuk produksi tanaman pangan dan 1,05–24,33 MT produksi makanan laut per tahun. Kontaminasi ini terutama berasal dari degradasi mulsa, pipa irigasi, dan kemasan input pertanian yang terfragmentasi di tanah (Rillig et al., 2021). Akumulasi partikel tersebut mengganggu struktur dan mikrobiota tanah, menghambat penyerapan air serta nutrisi, dan pada akhirnya menurunkan produktivitas biomassa sebagai fondasi ketahanan pangan. Adapun persentase paparan mikroplastik dengan paparan tertinggi berada pada air minum dalam kemasan, udara ambien, makanan dan partikulat lainnya.

Dari paparan data keresahan di atas, sebagian besar upaya mitigasi pencemaran mikroplastik masih bersifat reaktif dan berfokus pada pengolahan limbah atau pemulihan pasca-pencemaran, sehingga menyisakan celah pengendalian pada jalur irigasi pertanian. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan pada sistem pengendalian di jalur irigasi pertanian, sehingga diperlukan inovasi mitigasi mikroplastik yang bersifat preventif, adaptif, dan berbasis pemantauan secara *real-time*. Berangkat dari celah tersebut, esai ini menawarkan gagasan inovasi solutif berupa *FERRO-PLANT*, teknologi *ferotrap* magnetik terintegrasi sensor *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi dan menangkap mikroplastik sebelum masuk pada aliran air irigasi budidaya. Berbeda dari filtrasi konvensional, sistem ini mengkombinasikan penjerapan magnetik, sensor partikel, dan pemantauan data digital guna memungkinkan intervensi dini yang presisi dan berkelanjutan. Inovasi ini dirancang berbasis teknologi tepat guna dan pemanfaatan sumber daya lokal agar aplikatif bagi komunitas petani serta selaras dengan semangat inovasi berkelanjutan generasi muda dalam mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya tujuan SDG 2 (*Zero Hunger*) melalui perlindungan

produktivitas pangan dan SDG 6 (*Clean Water and Sanitation*) melalui mitigasi mikroplastik pada sistem irigasi pertanian menuju kemandirian pangan lokal 2045.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi literatur (*literature review*) dengan memanfaatkan data sekunder dari jurnal ilmiah, prosiding, dan laporan resmi dalam 10 tahun terakhir untuk mengkaji efektivitas teknologi FERRO-PLANT dalam mitigasi mikroplastik pada sistem irigasi pertanian. Variabel yang dianalisis meliputi karakteristik mikroplastik, metode mitigasi, prinsip ferrotrap magnetik, parameter kualitas air (pH, Electrical Conductivity/EC, dan turbidity), serta integrasi sistem berbasis Internet of Things (IoT). Analisis dilakukan menggunakan teknik *content analysis* dan komparatif dengan validitas melalui triangulasi sumber serta reliabilitas berdasarkan konsistensi seleksi literatur. Selain itu, dilakukan analisis kuantitatif sederhana berbasis data sekunder untuk memproyeksikan dampak ekonomi terhadap pendapatan petani melalui estimasi produksi, pendapatan, dan biaya operasional menggunakan persamaan:

$$Q=Y \times L \quad (1)$$

$$TR=Q \times PTR \quad (2)$$

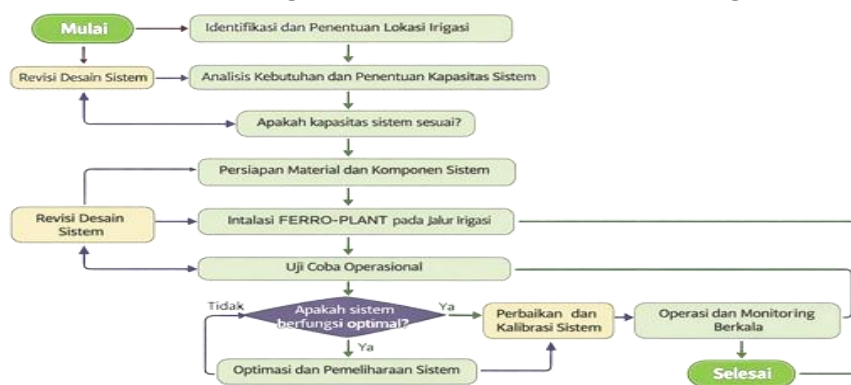
$$\pi=TR-C \quad (3)$$

Dengan asumsi peningkatan produktivitas 8–12% dan efisiensi biaya 10–15% sebagai implikasi penerapan teknologi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan paparan urgensi permasalahan pencemaran mikroplastik pada sistem irigasi pertanian diatas, maka peneliti tertarik menghadirkan gagasan berupa teknologi solutif *FERRO-PLANT* (*Ferro-Magnetic Plastic Interception System*) sebagai inovasi mitigasi preventif berbasis teknologi tepat guna. *FERRO-PLANT* merupakan sistem terpadu yang mengintegrasikan *ferrotrap* magnetik dengan sensor partikel berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendeteksi, menangkap, dan memantau mikroplastik sebelum memasuki lahan budidaya. Sistem ini memanfaatkan interaksi elektrostatis dan gaya magnet antara partikel mikroplastik dan material feromagnetik termodifikasi, sehingga proses penyerapan berlangsung selektif tanpa mengganggu debit air irigasi. Melalui integrasi pemantauan secara *real-time*, inovasi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat intersepsi pencemar, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan dalam pengelolaan irigasi yang berorientasi pada perlindungan ekosistem dan ketahanan pangan berkelanjutan.

Gambar 1. Diagram Berpikir Implementasi Program



Pada Gambar 1. disajikan gambar diagram kerangka berpikir implementasi program pada skala komunal dengan efektivitas *FERRO-PLANT* ditopang oleh integrasi sistem *ferotrap* magnetik dan sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bekerja preventif pada jalur irigasi pertanian. Prinsip kemagnetan yang digunakan merujuk pada pendekatan analisis *suseptibilitas magnetic* dalam identifikasi mineral dan unsur mikro pada zat hara lahan pertanian (Hatauruk & Sinuraya, 2020), sehingga memungkinkan material ferromagnetik termodifikasi mampu melakukan penyerapan selektif mikroplastik tanpa mengganggu debit air.

Parameter kualitas air dipantau melalui sensor optik, *turbidity*, serta indikator *Electrical Conductivity* (EC) dan pH meter sebagai indeks pendukung karakteristik partikel dalam aliran irigasi. Berbeda dari filtrasi konvensional yang pasif dan mudah tersumbat, *FERRO-PLANT* mengusung konsep *smart interception* presisi yang adaptif dan berbasis data *real-time* sebagai sistem pendukung keputusan irigasi berdikari.

Dari sisi kinerja energi dan stabilitas operasional, sistem ini diperkuat oleh mikrohidro berbasis *spiral waterwheel pump* yang memanfaatkan debit aliran irigasi. Studi kajian ilmiah oleh (Adanta dkk., 2017), menunjukkan konfigurasi 8 sudut pada kecepatan 1 m/s mampu mencapai efisiensi 45,58%, sementara variasi debit air terbukti signifikan mempengaruhi daya dan efisiensi sistem (Rahman dan Kimin, 2018), serta rasio radius terbenam optimal 82,76% menghasilkan efisiensi maksimum 18,05% pada TSR 0,1984 (Zhao dkk., 2020).

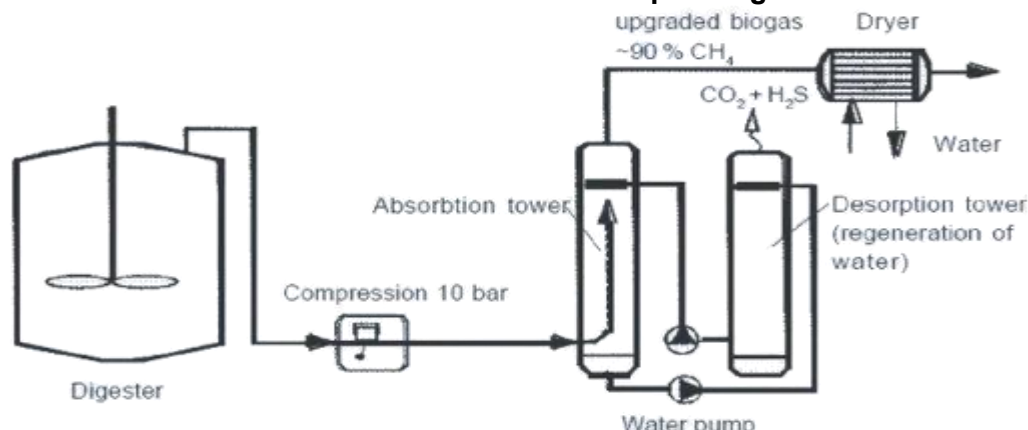
Data tersebut mengindikasikan bahwa konfigurasi hidrodinamis yang tepat dapat menjaga suplai energi sensor dan modul kontrol tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi aliran air. Dengan demikian, *FERRO-PLANT* tidak hanya efektif dalam mencegah masuknya mikroplastik ke lahan budidaya, tetapi juga operasional secara mandiri, efisien, dan selaras dengan prinsip pertanian rendah emisi menuju kemandirian pangan nasional.

Proses adsorpsi mikroplastik pada sistem *FERRO-PLANT* dilakukan melalui mekanisme penyerapan menggunakan material ferromagnetik termodifikasi yang berfungsi sebagai media adsorben pada jalur aliran air irigasi, gambar dapat dilihat pada Gambar 2. Tahap awal dimulai dengan pemasangan unit *ferotrap* yang memiliki sifat magnetik tinggi, luas permukaan besar, serta muatan elektrostatik aktif sehingga mampu mengikat partikel mikroplastik secara selektif. Air irigasi yang terkontaminasi mikroplastik kemudian dialirkan melalui zona *ferotrap* dengan debit yang dikontrol agar terjadi kontak optimal antara partikel mikroplastik dan permukaan adsorben tanpa mengganggu stabilitas aliran air.

Proses adsorpsi berlangsung melalui interaksi elektrostatik antara permukaan material ferromagnetik dan partikel mikroplastik tersuspensi, serta diperkuat oleh gaya magnetik yang menahan partikel pada media *ferotrap*. Setelah proses penyerapan berlangsung, kualitas air hasil pengolahan dipantau menggunakan sensor optik dan *turbidity* untuk mendeteksi penurunan jumlah partikel dan tingkat kekeruhan air, serta parameter pendukung seperti pH dan *Electrical Conductivity* (EC) untuk mengetahui karakteristik air secara kuantitatif melalui sistem berbasis *Internet of Things* (IoT).

Media *ferotrap* yang telah jenuh kemudian dibersihkan atau diregenerasi secara berkala untuk mempertahankan efektivitas adsorpsi, sementara mikroplastik yang terjerap dikumpulkan untuk pengolahan lanjutan atau analisis. Melalui mekanisme ini, proses adsorpsi mampu menurunkan konsentrasi mikroplastik dalam air irigasi secara efektif sehingga kualitas air meningkat dan risiko kontaminasi pada sistem pertanian dapat diminimalkan.

Gambar 2. Bentuk Sistem Adsorpsi Program



Secara kuantitatif, efektivitas FERRO-PLANT dianalisis melalui pendekatan intersepsi preventif pada jalur irigasi sebelum air memasuki lahan budidaya, khususnya pada saluran sekunder berdebit $\pm 0,5\text{--}1 \text{ m}^3/\text{detik}$. Zona *ferotrap magnetic* termodifikasi dirancang untuk melakukan penyerapan selektif partikel mikroplastik tersuspensi tanpa menurunkan kapasitas aliran secara signifikan, sehingga stabilitas distribusi air tetap terjaga. Integrasi sensor optik, *turbidity*, *Electrical Conductivity* (EC), dan pH berbasis mikrokontroler memungkinkan pemantauan kualitas air secara *real-time* serta pengolahan data menggunakan pendekatan logika fuzzy Sugeno untuk menentukan respons otomatis sistem (Ni Ketut H.D. & Mahardani, 2024). Dengan mekanisme ini, *FERRO-PLANT* berfungsi sebagai sistem proteksi hulu yang bekerja lebih awal dibandingkan metode remediasi tanah atau filtrasi hilir, sehingga potensi degradasi struktur tanah dan gangguan fotosintesis akibat mikroplastik dapat ditekan sejak tahap distribusi air. Dari sisi operasional, integrasi mikrohidro berbasis *spiral waterwheel pump* memungkinkan sistem menghasilkan suplai energi mandiri dari debit irigasi tanpa ketergantungan listrik eksternal. Teknologi pompa spiral mampu mengalirkan air hingga ± 30 meter lebih tinggi tanpa bahan bakar (Marwanto, 2017), sehingga konfigurasi hidrodinamisnya dapat menjaga stabilitas energi pada variasi debit rendah hingga sedang dan mempertahankan efisiensi modul sensor serta IoT. Meskipun konsumsi daya sistem relatif kecil, keberadaan suplai energi tambahan ini meningkatkan reliabilitas pemantauan jangka panjang sekaligus menekan biaya operasional petani. Berbasis teknologi tepat guna dan material yang mudah diperoleh, *FERRO-PLANT* tidak memerlukan perubahan pola tanam, dengan nilai kebaruan terletak pada integrasi tiga fungsi, deteksi, intersepsi, dan sistem pendukung keputusan dalam satu platform modular.

Tabel 1. Prediksi *Income* Petani Pasca Program

Parameter	Pra Program	Program	Pasca Program
Produksi (kg)	5.000	5.400	5.600
Harga (Rp/kg)	5.500	5.500	5.500
Pendapatan Kotor (Rp)	27.500.000	29.700.000	30.800.000
Biaya Operasional (Rp)	10.000.000	9.000.000	8.500.000
Pendapatan Bersih (Rp)	17.500.000	20.700.000	22.300.000
Kenaikan Income (%)	-	18,3%	27,4%

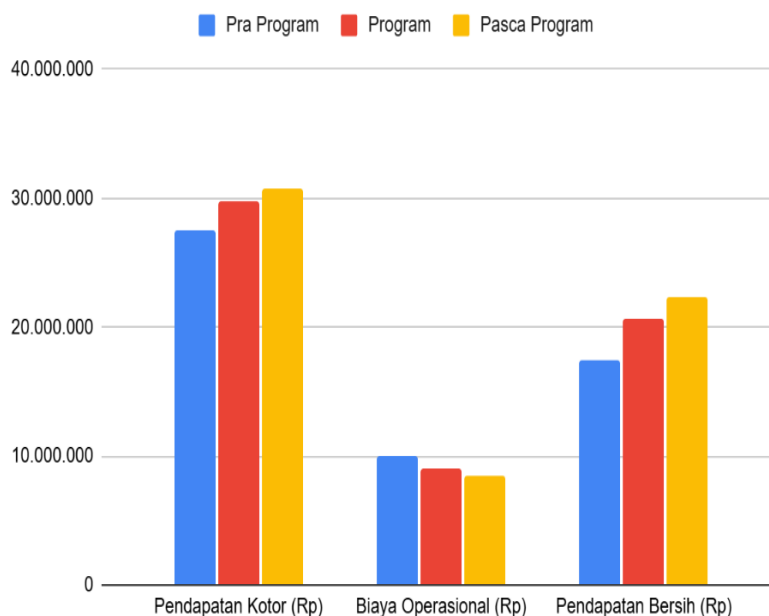
Sumber: Data sekunder yang diolah, 2026

Asumsi dasar dalam analisis ini disusun berdasarkan data umum sektor pertanian dan temuan literatur yang relevan, dengan mempertimbangkan kondisi lahan pertanian skala kecil hingga menengah. Luas lahan ditetapkan sebesar 1 hektare dengan produktivitas awal rata-rata 5 ton per hektare per musim tanam. Harga jual gabah diasumsikan sebesar Rp5.500 per kilogram sesuai kisaran harga pasar.

Implementasi teknologi FERRO-PLANT diproyeksikan mampu meningkatkan hasil panen sebesar 8–12% melalui perbaikan kualitas air irigasi dan lingkungan tumbuh tanaman. Selain itu, efisiensi sistem irigasi dan monitoring berbasis teknologi diperkirakan dapat menurunkan biaya operasional, khususnya pada aspek pengelolaan air, sebesar 10–15% dari biaya awal yang diasumsikan sebesar Rp10.000.000 per musim tanam. Asumsi-asumsi ini digunakan sebagai dasar dalam perhitungan proyeksi dampak ekonomi terhadap pendapatan petani.

Berdasarkan perhitungan, implementasi FERRO-PLANT memberikan peningkatan produksi sebesar 8–12% dari kondisi awal 5 ton/ha menjadi 5,4–5,6 ton/ha. Dengan harga jual tetap, pendapatan kotor meningkat hingga Rp30,8 juta per musim tanam. Di sisi lain, efisiensi penggunaan air dan monitoring berbasis IoT mampu menurunkan biaya operasional hingga 10–15%, sehingga biaya turun menjadi Rp8,5–9 juta. Kombinasi peningkatan produksi dan efisiensi biaya menghasilkan kenaikan pendapatan bersih petani dari Rp17,5 juta menjadi Rp20,7–22,3 juta per musim tanam.

Gambar 3 Grafik Hasil Perhitungan Prediksi *Income* Petani



Sumber: Data primer yang diolah, 2026

Secara ekonomi, terjadi peningkatan income petani sebesar 18–27% per musim tanam, yang menunjukkan bahwa inovasi FERRO-PLANT tidak hanya berdampak pada aspek lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat finansial yang signifikan. Model ini memperkuat argumen bahwa pendekatan mitigasi mikroplastik berbasis teknologi preventif dapat berkontribusi langsung terhadap peningkatan kesejahteraan petani dan keberlanjutan sistem pertanian.

KESIMPULAN

Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa pencemaran mikroplastik pada sistem irigasi pertanian berdampak signifikan terhadap penurunan kualitas lingkungan dan produktivitas tanaman, sehingga diperlukan solusi preventif yang efektif. Berdasarkan kajian literatur, teknologi FERRO-PLANT yang mengintegrasikan ferotrap magnetik dan sensor IoT berpotensi menjadi inovasi mitigasi yang mampu melakukan intersepsi mikroplastik secara hulu, monitoring real-time, serta operasional mandiri berbasis mikrohidro. Secara kuantitatif, implementasinya diproyeksikan meningkatkan produktivitas sebesar 8–12%, menurunkan biaya operasional 10–15%, dan meningkatkan pendapatan petani hingga 18–27% per musim tanam, sehingga berimplikasi pada peningkatan kesejahteraan dan ketahanan pangan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada uji eksperimental lapangan, pengembangan material ferotrap yang lebih optimal, serta analisis kelayakan ekonomi dan integrasi sistem dalam skema smart agriculture guna mendukung implementasi yang lebih luas dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Buburanda, H. and Sudiana, I.N., 2024. Identifikasi Sifat Magnetik, Salinitas, dan pH Tanah pada Lahan Pertanian di Sekitar Industri Tekstil dengan Metode Kemagnetan Batuan dan EC-pH Meter. *Einstein's: Research Journal of Applied Physics*, 2(2), pp.36-40.
- Budiawati, Y., Gunawan, G. and Suhera, S., 2025. Smart Agriculture vs Pertanian Konvensional: Tantangan atau Peluang Pertanian Masa Depan di Indonesia? Smart Agriculture vs Pertanian Konvensional: Tantangan atau Peluang Pertanian Masa Depan di Indonesia?. *Agri Wiralodra*, 17(1), pp.16-28.
- Cahyaningtyas, A.D., 2025. *Analisis Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Topsoil Zone di TPA Piyungan Bantul* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Eko, R., Hanafi, A.F., DY, I.S.P. and Priyadi, E., 2023. Perancangan dan Pembuatan Undershot Waterwheel sebagai Penggerak Spiral Pump untuk Irigasi Pertanian. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 8(1), pp.13-24.
- Liwun, E.H., Fernandez, A.T., Takeleb, B.B.R., Boymau, V.A., Dacosta, N.F., Rodrigues, S. and Sahan, M.Y., 2024. Optimalisasi Irigasi Pertanian Melalui Implementasi Spiral Water Pump terhadap Produktivitas Petani di Desa Weihura. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 5(4), pp.4630-4637.
- Marwadini, P.R., 2024. *Analisis Kandungan Mikroplastik dan Logam Berat (Cd, Cr) di Lahan Pertanian Sepanjang Sungai Code Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Nugroho, M.F.D., Hasan, F. and Yaqin, M.A., 2025. MONITORING CONDUCTIVITY DAN TURBIDITY KUALITAS AIR BAKU PADA DEMINERAL PLAN PLTU PAITON BERBASIS IOT DAN PHP. *VoltComp: Journal of Electrical & Computer Innovation*, 1(1), pp.9-15.
- Nurjanah, A.P., Yanti, R. and Hotijah, S., 2025. PERSEBARAN TANAH DALAM KEANEKARAGAMAN HAYATI DAN KEARIFAN LOKAL DI WILAYAH INDONESIA. *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 4(3), pp.4876-4882.

- UMUM, B.I.G., 2024. A. Pengertian dan Ruang Lingkup Agroindustri Indonesia sebagai negara agraris memiliki lahan pertanian dan agroklimat yang sangat luas dan potensial untuk dikembangkan sebagai usaha sektor pertanian. Hasil pertanian Indonesia sebagai komoditas andalan telah dikenal pasar dunia dengan keberagaman jenis dan kualitas. *Pengetahuan Agroindustri*, p.2.
- Warjito, Adanta, D., Budiarmo and Prakoso, A.P., 2018, January. The effect of bucketnumber on breastshot waterwheel performance. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 105, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- Widodo, W. and Sutanto, A., 2025. *KEMUNCULAN MIKROPLASTIK DI LINGKUNGAN PERTANIAN: DAMPAK PADA TANAMAN, KERUGIAN EKONOMI, BIODEGRADASI DAN MITIGASINYA*. UMMPress.