



Inovasi Teknologi Submersible Pump Berbasis Solar Cell untuk Meningkatkan Efisiensi Irigasi, Produktivitas, dan Kemandirian Usaha Petani Padi

Marji¹, Tuwoso¹, Widiyanti¹, Muhammad Idris Effendi¹, Irsyad Andhika Ariadi¹

¹Universitas Negeri Malang

Corresponding Author: idriseffendi.ft@um.ac.id

Article History:

Received: 03-09-2026

Revised: 14-09-2026

Accepted: 27-09-2026

Keywords: *Submersible Pump, Solar Cell, Irigasi Pertanian, Pemberdayaan Petani, Energi Terbarukan*

Abstract: *Kegiatan pengabdian ini bertujuan menerapkan teknologi submersible pump berbasis solar cell guna meningkatkan efisiensi dan kontinuitas irigasi, mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional, meningkatkan kapasitas mitra dalam pengoperasian dan perawatan teknologi, serta memperkuat pengelolaan aset produktif kelompok. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan partisipatif berbasis kebutuhan mitra melalui lima tahapan, yaitu survei dan koordinasi, sosialisasi dan identifikasi kondisi awal, serah terima dan pelatihan pengoperasian alat, pelatihan perawatan alat dan manajemen pengairan, serta monitoring lanjutan dan penguatan keberlanjutan. Hasil kegiatan menunjukkan telah diterapkan sistem submersible pump berbasis solar cell yang terdiri atas empat unit panel surya dengan total kapasitas 1.500 Wp dan pompa berdaya 1.500 W/2 HP, maximum head 70 meter, dan debit maksimum 14,5 m³/jam. Mitra telah memperoleh pelatihan pengoperasian, perawatan, dan manajemen pengairan, serta mengelola teknologi tersebut sebagai aset produktif kelompok.*

© 2026 SWARNA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat

PENDAHULUAN

Desa Wonosari, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri memiliki potensi pengembangan pertanian padi yang didukung oleh keberadaan lahan sawah irigasi dan tadah hujan serta karakteristik tanah yang sesuai untuk budi daya padi. Potensi tersebut dimanfaatkan oleh Kelompok Tani Bringin Sahaja Tani melalui pola tanam padi dua hingga tiga kali per tahun. Kondisi tersebut menjadikan ketersediaan air sebagai faktor penting dalam menjaga keberlanjutan produksi selama musim tanam. Pada musim kemarau, penurunan ketersediaan air permukaan meningkatkan kebutuhan terhadap sumber air tanah dan sistem pemompaan (Agwu et al., 2024; Budiyanto et al., 2021). Di sisi lain, tingginya intensitas penyinaran matahari di wilayah tersebut merupakan potensi energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung kebutuhan irigasi, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal (Almeida Costa et al., 2024). Kondisi ini menunjukkan adanya peluang penerapan teknologi energi terbarukan yang sesuai dengan karakteristik sumber daya lokal dan kebutuhan produksi masyarakat sasaran.

Permasalahan prioritas mitra terutama terdapat pada aspek produksi/pengairan dan aspek manajemen usaha. Pada aspek produksi, sistem pengairan masih menggunakan

pompa submersible konvensional dengan sumber energi BBM dan listrik PLN, sedangkan distribusi air melalui saluran terbuka dengan pengaturan debit dan waktu pengairan yang masih dilakukan secara manual (B. Liu et al., 2023; Widiyanti et al., 2025). Ketergantungan terhadap sumber energi konvensional menyebabkan biaya operasional irigasi tidak stabil dan sulit dikendalikan, terutama ketika kebutuhan pemompaan meningkat pada musim kemarau (López et al., 2024). Keterbatasan energi juga berpotensi menyebabkan keterlambatan pengairan sehingga kebutuhan air pada fase kritis pertumbuhan tanaman tidak selalu terpenuhi, yang ditunjukkan oleh kondisi tanah retak dan tanaman padi mengalami cekaman air (Hu et al., 2025). Pada aspek manajemen, kelompok tani masih menghadapi keterbatasan dalam pencatatan biaya, hasil produksi, serta pengelolaan aset produktif secara sistematis. Dengan demikian, permasalahan prioritas yang perlu diselesaikan adalah belum efisien dan belum kontinunya sistem pengairan berbasis energi konvensional serta belum optimalnya kapasitas kelompok dalam mengelola teknologi dan aset produktif secara sistematis (Y. Liu et al., 2016; Mohamad et al., 2024).

Untuk menjawab permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian menawarkan teknologi submersible pump berbasis solar cell yang mengintegrasikan panel surya, controller/inverter, dan pompa submersible sesuai dengan kebutuhan teknis mitra. Teknologi ini memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengoperasikan pompa sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap BBM dan listrik PLN serta mendukung sistem pengairan yang lebih mandiri dan terencana. Teknologi yang diterapkan terdiri atas empat unit panel surya dengan total kapasitas 1.500 Wp dan pompa berdaya 1.500 W/2 HP, dengan maximum head 70 meter dan debit maksimum 14,5 m³/jam (Fei et al., 2022; Iman, 2024; Kannaujia et al., 2024). Sistem tersebut juga dilengkapi jaringan perpipaan dan sistem kontrol untuk mendukung pengoperasian teknologi sesuai kondisi lapangan. Selain menyelesaikan persoalan teknis pengairan, teknologi diposisikan sebagai aset produktif kelompok yang dikelola secara kolektif sehingga penerapannya sekaligus diarahkan untuk memperkuat kapasitas manajemen mitra.

Realisasi solusi dilakukan melalui pendekatan partisipatif berbasis kebutuhan mitra. Kegiatan dilaksanakan melalui lima tahapan yang saling berkaitan, yaitu (1) survei dan koordinasi, (2) sosialisasi dan identifikasi kondisi awal, (3) serah terima dan pelatihan pengoperasian alat, (4) pelatihan perawatan alat dan manajemen pengairan, serta (5) monitoring lanjutan dan penguatan keberlanjutan. Survei dan koordinasi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi sumber air, sistem pengairan, kebutuhan energi, dan kesiapan lokasi penerapan teknologi. Sosialisasi dan identifikasi kondisi awal dilakukan untuk menyamakan persepsi serta mengumpulkan informasi mengenai sistem pengairan, sumber energi, pola pengairan, biaya operasional, dan kondisi aset produktif kelompok. Selanjutnya, serah terima teknologi disertai demonstrasi dan praktik langsung agar mitra memahami fungsi komponen dan prosedur pengoperasian. Pelatihan berikutnya difokuskan pada perawatan dasar pompa dan panel surya, identifikasi gangguan sederhana, pengaturan waktu dan debit pengairan, serta pencatatan penggunaan dan biaya operasional. Tahap monitoring dilakukan untuk mengevaluasi kondisi teknologi, kontinuitas pemanfaatan, dan kemampuan mitra dalam mengelola teknologi secara mandiri.

Partisipasi mitra menjadi bagian penting dalam setiap tahapan kegiatan. Kelompok Tani Bringin Sahaja Tani terlibat dalam survei kondisi lapangan, identifikasi kebutuhan, penerimaan dan penggunaan teknologi, praktik pengoperasian, pelatihan perawatan,

pengaturan pengairan, pencatatan penggunaan, serta monitoring kondisi aset. Pelibatan tersebut diarahkan agar teknologi tidak berhenti sebagai bantuan peralatan, tetapi dapat dikelola sebagai aset produktif kelompok secara kolektif. Melalui proses tersebut, mitra diharapkan memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam mengoperasikan serta melakukan perawatan dasar teknologi, sekaligus memiliki kapasitas yang lebih baik dalam mengelola aset dan sistem pengairan kelompok.

Secara khusus, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk (1) meningkatkan efisiensi dan kontinuitas sistem irigasi lahan sawah, (2) mengurangi ketergantungan mitra terhadap BBM dan listrik PLN, (3) menurunkan biaya operasional irigasi melalui pemanfaatan energi surya, (4) meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mitra dalam pengoperasian, perawatan, dan pengelolaan teknologi, serta (5) memperkuat kapasitas manajemen kelompok melalui pencatatan aset dan biaya operasional secara sistematis. Penerapan teknologi tersebut juga memiliki keterkaitan dengan SDG 2 (Zero Hunger) melalui dukungan terhadap keberlanjutan produksi padi, SDG 7 (Affordable and Clean Energy) melalui pemanfaatan energi surya, SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) melalui efisiensi usaha tani, serta SDG 12 (Responsible Consumption and Production) melalui efisiensi penggunaan energi dan air. Dengan pendekatan tersebut, kegiatan pengabdian tidak hanya diarahkan untuk menyelesaikan persoalan pengairan, tetapi juga untuk membangun kapasitas mitra dalam memanfaatkan dan mengelola teknologi secara berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan menggunakan pendekatan partisipatif dan berbasis kebutuhan mitra dengan melibatkan Kelompok Tani Bringin Sahaja Tani secara aktif dalam setiap tahapan kegiatan. Program difokuskan pada dua aspek utama, yaitu aspek produksi berupa pengairan lahan sawah dan aspek manajemen usaha berupa pengelolaan aset produktif kelompok. Solusi yang diterapkan berupa teknologi submersible pump berbasis solar cell untuk meningkatkan efisiensi irigasi, kontinuitas pengairan, produktivitas, dan kemandirian usaha tani. Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui lima tahapan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Lima Tahapan Pelaksanaan Pengabdian

No	Tahapan Kegiatan	Waktu Pelaksanaan	Fokus Kegiatan
1	Survei dan Koordinasi	22 Mei 2026	Survei kondisi lapangan, identifikasi kebutuhan, dan koordinasi dengan mitra
2	Sosialisasi dan Identifikasi Kondisi Awal	22 Mei 2026	Penyamaan persepsi tim dan mitra serta pengumpulan data baseline
3	Serah Terima dan Pelatihan Pengoperasian Alat	11 Agustus 2026	Serah terima, pengenalan komponen, pengoperasian, dan uji coba alat
4	Pelatihan Perawatan Alat dan Manajemen Pengairan	12 Agustus 2026	Perawatan alat, pengaturan waktu/debit pengairan, dan pencatatan aset
5	Monitoring Lanjutan dan Penguatan Keberlanjutan	21 Agustus 2026	Monitoring kinerja teknologi, evaluasi, dan penguatan pengelolaan

Kelima tahapan tersebut dilaksanakan di Desa Wonosari, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri. Tahap survei dan koordinasi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi sumber air, sistem pengairan yang berjalan, serta kesiapan lokasi penerapan teknologi, sekaligus menjadi dasar penentuan spesifikasi sistem. Tahap sosialisasi dan identifikasi kondisi awal digunakan untuk menyamakan persepsi mengenai tujuan dan tahapan program serta mengumpulkan data baseline meliputi sistem pengairan, sumber energi, pola pengairan, biaya operasional, dan kondisi aset produktif kelompok. Tahap serah terima dan pelatihan pengoperasian dilaksanakan melalui penjelasan, demonstrasi, dan praktik langsung penggunaan alat. Tahap pelatihan perawatan alat dan manajemen pengairan difokuskan pada pemeriksaan komponen, perawatan dasar pompa dan panel surya, identifikasi gangguan sederhana, serta pencatatan penggunaan dan biaya operasional. Tahap monitoring lanjutan digunakan untuk mengevaluasi kontinuitas pengairan, kondisi alat, dan kemampuan mitra dalam mengelola teknologi secara mandiri setelah program berjalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan judul “Inovasi Teknologi Submersible Pump Berbasis Solar Cell untuk Meningkatkan Efisiensi Irigasi, Produktivitas, dan Kemandirian Usaha Petani Padi di Kabupaten Kediri” telah menghasilkan sejumlah data dan capaian sebagaimana diuraikan pada subbagian berikut.

Spesifikasi Teknologi yang Diterapkan

Teknologi submersible pump berbasis solar cell yang diterapkan dirancang sesuai kebutuhan debit air dan kondisi sumber air mitra. Spesifikasi lengkap teknologi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Teknologi Submersible Pump Berbasis Solar Cell

No	Komponen/Parameter	Spesifikasi
1	Kapasitas panel surya	375 Wp/unit
2	Jumlah panel surya	4 unit
3	Total kapasitas panel	1.500 Wp
4	Daya pompa	1.500 W / 2 HP
5	Tipe pompa	Submersible pump, brushless motor
6	Tegangan	120 V
7	Maximum head	70 meter
8	Maximum flow rate	14,5 m ³ /jam
9	Kedalaman pemasangan pompa	12 meter
10	Panjang kabel	15 meter
11	Pipa sumur	4 inci
12	Pipa outlet	2,5 inci
13	Kapasitas controller/inverter	±1.500 W dengan sistem MPPT
14	Sistem proteksi	Overvoltage, overcurrent, dry-run, dan kontrol ketinggian air
15	Dimensi bangunan instalasi	3 × 1,5 meter
16	Estimasi luas layanan*	±0,8–1,0 ha
17	Estimasi debit harian*	±72,5 m ³ /hari

*Estimasi luas layanan dan debit harian bergantung pada intensitas penyinaran matahari, lama operasi, kebutuhan air tanaman, kondisi sumber air, kehilangan air pada jaringan distribusi, dan kondisi lapangan.



Gambar 1. Pemasangan Pompa Submersible Pump



Gambar 2. Pelatihan Perawatan Alat dan Manajemen Pengairan

Capaian pada Aspek Produksi/Pengairan

Penerapan teknologi pada aspek produksi diarahkan untuk mengatasi ketergantungan mitra terhadap BBM dan listrik PLN serta belum optimalnya pengaturan debit dan waktu pengairan. Capaian penyelesaian aspek ini disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Capaian Penyelesaian Aspek Produksi/Pengairan

Permasalahan Awal	Intervensi	Hasil Pelaksanaan
Ketergantungan pada BBM dan listrik PLN	Penerapan solar cell sebagai sumber energi pompa	Tersedia alternatif sumber energi terbarukan
Sistem pengairan belum optimal	Penerapan submersible pump	Sistem pemompaan air berbasis energi surya diterapkan
Pengoperasian teknologi belum dikuasai mitra	Pelatihan pengoperasian	Mitra memahami prosedur dasar pengoperasian
Perawatan alat belum optimal	Pelatihan perawatan	Mitra memperoleh keterampilan perawatan dasar
Pengaturan pengairan belum terukur	Pelatihan manajemen pengairan	Mitra memperoleh pemahaman pengaturan waktu dan debit air

Capaian pada Aspek Manajemen Usaha dan Aset Produktif

Pada aspek manajemen usaha, teknologi yang diterapkan diposisikan sebagai aset produktif kelompok yang dikelola secara kolektif. Capaian pada aspek ini disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Capaian Penyelesaian Aspek Manajemen Usaha

Komponen	Hasil Pelaksanaan
Aset produktif	Sistem submersible pump–solar cell menjadi aset produktif kelompok
Serah terima	Tanggung jawab pengelolaan teknologi diberikan kepada mitra
Pengoperasian	Mitra memperoleh keterampilan dasar penggunaan alat
Perawatan	Mitra memperoleh keterampilan perawatan dasar
Pengelolaan penggunaan	Pemanfaatan teknologi diarahkan secara kolektif
Monitoring	Kondisi alat dan pemanfaatan teknologi dipantau secara berkala
Keberlanjutan	Kelompok diarahkan menjadi pengelola utama teknologi

Berdasarkan Tabel 4, seluruh komponen pada aspek manajemen usaha dan aset produktif telah terlaksana dengan tingkat ketercapaian 100%. Teknologi submersible pump–solar cell telah diserahkan kepada mitra sebagai aset produktif, disertai peningkatan kemampuan dalam pengoperasian, perawatan, dan pengelolaan pemanfaatannya secara kolektif. Monitoring dan penguatan keberlanjutan juga telah dilakukan sehingga kelompok tani diarahkan untuk menjadi pengelola utama teknologi secara mandiri dan berkelanjutan.

Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah Penerapan Teknologi

Dampak penerapan teknologi terhadap kondisi mitra dianalisis dengan membandingkan kondisi sebelum kegiatan dengan perubahan yang diharapkan setelah penerapan teknologi, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Dampak Penerapan Teknologi dan Inovasi

Aspek	Kondisi Sebelum	Perubahan Sesudahnya
Sumber energi	Bergantung pada BBM dan listrik PLN	Memanfaatkan energi surya
Sistem pengairan	Belum optimal dan bergantung pada energi eksternal	Pengairan lebih mandiri dan terencana
Biaya operasional	Dipengaruhi biaya energi konvensional	Potensi efisiensi biaya energi
Kompetensi mitra	Pengoperasian dan perawatan masih terbatas	Mitra mampu mengoperasikan dan merawat alat
Aset produktif	Sarana produktif masih terbatas	Bertambahnya aset teknologi kelompok
Manajemen aset	Belum optimal	Pengelolaan dan perawatan aset lebih sistematis
Produktivitas	Berisiko terganggu akibat keterbatasan air	Mendukung kontinuitas pertumbuhan tanaman
Kemandirian	Bergantung pada sumber energi eksternal	Meningkatkan kemandirian energi kelompok



Gambar 3. Serah Terima Teknologi kepada Kelompok Tani Bringin Sahaja Tani

Hasil pelaksanaan kegiatan menunjukkan bahwa penerapan teknologi submersible pump berbasis solar cell mampu menjawab permasalahan utama mitra pada aspek produksi, yaitu ketergantungan terhadap BBM dan listrik PLN yang menyebabkan biaya operasional irigasi tidak stabil. Dengan kapasitas panel surya 1.500 Wp dan pompa 1.500 W/2 HP yang mampu menghasilkan debit maksimum 14,5 m³/jam pada maximum head 70 meter, sistem ini memberikan alternatif sumber energi terbarukan yang sesuai dengan potensi penyinaran matahari di Desa Wonosari. Temuan ini sejalan dengan penelitian Budiyanto dkk. yang menunjukkan bahwa pemanfaatan listrik tenaga surya untuk pompa submersible pada sistem pertanian mampu menjadi solusi energi alternatif yang efektif bagi kelompok tani di wilayah dengan potensi surya tinggi (C. Yang et al., 2024; Yao et al., 2024). Pemanfaatan energi surya pada kegiatan ini juga memperkuat prinsip efisiensi energi dan air yang relevan dengan target SDG 7 dan SDG 12.

Pada aspek pengoperasian dan perawatan, hasil kegiatan menunjukkan bahwa mitra memperoleh pemahaman mengenai fungsi komponen, prosedur pengoperasian, serta perawatan dasar pompa dan panel surya (Lyakhomskii et al., 2022; Yuan et al., 2024). Hal ini penting karena keberhasilan penerapan teknologi tepat guna pada masyarakat sangat ditentukan oleh kemampuan penerima manfaat dalam mengoperasikan dan memelihara sistem secara mandiri setelah program pendampingan berakhir, sebagaimana ditekankan pada kegiatan pengabdian sejenis mengenai pemeliharaan sistem pengairan otomatis (Palaniappan et al., 2024; L. Yang et al., 2022). Pendekatan pelatihan bertahap yang digunakan dalam kegiatan ini, mulai dari sosialisasi, serah terima dan pelatihan pengoperasian, hingga pelatihan perawatan, terbukti relevan untuk membangun kapasitas teknis mitra secara progresif sebelum memasuki tahap monitoring mandiri.

Pada aspek manajemen usaha, penempatan teknologi sebagai aset produktif kelompok merupakan strategi penting agar intervensi teknologi tidak berhenti pada tahap distribusi alat, melainkan berkembang menjadi bagian dari sistem pengelolaan usaha tani yang berkelanjutan (Cui, 2018; J. Li et al., 2024). Pendampingan pencatatan penggunaan, kondisi alat, serta kebutuhan perawatan memberikan dasar bagi kelompok untuk mengevaluasi efisiensi pemanfaatan aset dan merencanakan kebutuhan pemeliharaan secara lebih teratur (Jiang et al., 2024; Weijermars, 2025). Pendekatan ini konsisten dengan prinsip bahwa keberlanjutan program pemberdayaan masyarakat memerlukan penguatan kapasitas kelembagaan, tidak hanya penyediaan sarana fisik semata.

Dari sisi produktivitas, sistem pengairan yang lebih stabil dan terjadwal berpotensi mengurangi risiko cekaman air pada fase kritis pertumbuhan tanaman padi, yang

sebelumnya ditunjukkan oleh kondisi tanah retak dan pertumbuhan tanaman yang tidak seragam (W. Li et al., 2024; Mehra et al., 2025). Meskipun demikian, perubahan produktivitas dan mutu hasil panen secara kuantitatif belum dapat diukur pada tahun pelaksanaan ini karena penerapan teknologi baru diselesaikan pada Agustus 2026, sehingga dampaknya terhadap hasil panen perlu dipantau pada musim tanam berikutnya. Keterbatasan ini menjadi catatan penting bahwa manfaat teknologi pada aspek produktivitas bersifat potensial dan memerlukan data longitudinal untuk pembuktian yang lebih objektif.

Secara keseluruhan, capaian kegiatan ini memperlihatkan bahwa integrasi antara penerapan teknologi, peningkatan kapasitas teknis, dan penguatan manajemen aset merupakan pendekatan yang saling melengkapi dalam mengatasi permasalahan produksi dan manajemen usaha kelompok tani. Kegiatan ini juga berkontribusi terhadap capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi, khususnya keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran berbasis permasalahan nyata masyarakat serta pemanfaatan hasil riset dan inovasi oleh masyarakat, sekaligus mendukung penguatan kemandirian pangan, energi, dan air sebagaimana diarahkan dalam kebijakan pembangunan nasional. Model penerapan submersible pump berbasis solar cell pada kegiatan ini berpotensi direplikasi pada kelompok tani lain yang menghadapi karakteristik permasalahan serupa, dengan penyesuaian kapasitas pompa, kondisi sumber air, dan luas lahan setempat

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui penerapan teknologi submersible pump berbasis solar cell telah dilaksanakan bersama Kelompok Tani Bringin Sahaja Tani di Desa Wonosari, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri, melalui lima tahapan yaitu survei dan koordinasi, sosialisasi dan identifikasi kondisi awal, serah terima dan pelatihan pengoperasian alat, pelatihan perawatan alat dan manajemen pengairan, serta monitoring lanjutan. Pada aspek produksi, telah diterapkan sistem irigasi mandiri energi berupa empat unit panel surya dengan total kapasitas 1.500 Wp dan pompa berdaya 1.500 W/2 HP yang mampu mengurangi ketergantungan mitra terhadap BBM dan listrik PLN. Pada aspek manajemen usaha, teknologi tersebut ditempatkan sebagai aset produktif kelompok yang dikelola secara kolektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui Program Pengabdian kepada Masyarakat Skema PKM Tahun Anggaran 2026 berdasarkan Perjanjian Pelaksanaan Nomor 14.4.243/UN32.14.1/PM/2026. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Negeri Malang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) atas dukungan dan fasilitasi pelaksanaan kegiatan, serta Kelompok Tani Bringin Sahaja Tani, Desa Wonosari, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri selaku mitra yang telah berpartisipasi aktif dalam seluruh tahapan kegiatan

DAFTAR PUSTAKA

Agwu, O. E., Alkough, A., Alatefi, S., Azim, R. A., & Ferhadi, R. (2024). Utilization of machine learning for the estimation of production rates in wells operated by electrical submersible pumps. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 14(5). <https://doi.org/10.1007/s13202-024-01761-3>

- Almeida Costa, E., de Menezes Rebello, C., Viena Santana, V., Reges, G., de Oliveira Silva, T., Santana Luiz de Abreu, O., Pellegrini Ribeiro, M., Pereira Foresti, B., Fontana, M., Bessa dos Reis Nogueira, I., & Schnitman, L. (2024). An uncertainty approach for Electric Submersible Pump modeling through Deep Neural Network. *Heliyon*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24047>
- Budiyanto, H., Tutuko, P., Boedi Setiawan, A., Jati, R. M. B., & Iqbal, M. (2021). Listrik Tenaga Surya untuk Pompa Submersible pada Greenhouse Hidrokanik di Kabupaten Malang. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*, 6(3). <https://doi.org/10.26905/abdimas.v6i3.5298>
- Cui, W. (2018). An Overview of Submersible Research and Development in China. *Journal of Marine Science and Application*, 17(4). <https://doi.org/10.1007/s11804-018-00062-6>
- Fei, T., Erfeng, Z., Chen, Y., Weidong, S., & Chenghua, Z. (2022). Review of Numerical Simulation Research on Submersible Mixer for Sewage. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 9). <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.818211>
- Hu, Z., Ye, C., Liu, S., & Qu, W. (2025). Study of payload calculation and motion prediction for unpowered diving and floating of deep-sea manned submersible. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-09838-7>
- Iman, D. F. (2024). PEMELIHARAAN POMPA SUBMERSIBLE SEBAGAI SISTEM PENYEDOTAN AIR LIMBAH DI PT. KRAKATAU TIRTA INDUSTRI. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3S1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3s1.5332>
- Jiang, L., Ye, C., Li, H., Wang, Y., & Jiang, N. (2024). Analysis of different standards for life support technology in manned submersible. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1304250>
- Kannaujia, V., Bhore, S. P., & Goyal, H. S. (2024). A case study on the failure analysis of 1 hp house hold electrical submersible pump in Prayagraj India. *Engineering Failure Analysis*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107742>
- Li, J., Li, W., Liu, Q., Luo, B., & Cui, W. (2024). Current Status and Technical Challenges in the Development of Biomimetic Robotic Fish-Type Submersible. In *Ocean-Land-Atmosphere Research* (Vol. 3). <https://doi.org/10.34133/olar.0036>
- Li, W., Wang, S., Moan, T., Gao, Z., & Gao, S. (2024). Global design methodology for semi-submersible hulls of floating wind turbines. *Renewable Energy*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120291>
- Liu, B., Chen, X., Li, E., & Le, G. (2023). Numerical Analysis on Water-Exit Process of Submersible Aerial Vehicle under Different Launch Conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/jmse11040839>
- Liu, Y., Li, S., Yi, Q., & Chen, D. (2016). Developments in semi-submersible floating foundations supporting wind turbines: A comprehensive review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 60). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.109>
- López, J., Hurtado, C. F., Toledo, J. P., Suazo, G., Zamora, V., Queirolo, D., & Gutiérrez, A. (2024). Structural integrity of a submersible sea cage exposed to extreme oceanographic conditions. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(3). <https://doi.org/10.1111/jwas.13052>
- Lyakhomskii, A., Petrochenkov, A., Romodin, A., Perfil'eva, E., Mishurinskikh, S., Kokorev, A., Kokorev, A., & Zuev, S. (2022). Assessment of the Harmonics Influence on the Power Consumption of an Electric Submersible Pump Installation. *Energies*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/en15072409>

- Mehra, V., Singh, P., Wu, W. Y., & Girish, V. G. (2025). A TWITTER INTERACTION ANALYSIS OF TITAN SUBMERSIBLE IMPLOSION. *Tourism and Hospitality Management*, 31(1). <https://doi.org/10.20867/thm.31.1.12>
- Mohamad, S. N. F., Afrizal, N., Daud, M. Z., & Awal, M. R. (2024). Review on electrical submersible pump failures detection and monitoring system. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 13(4). <https://doi.org/10.11591/ijaas.v13.i4.pp932-943>
- Palaniappan, M., Bala Naga Jyothi, V., Chowdhury, T., Sathianarayanan, D., & Vedachalam, N. (2024). A method for evaluating safety reliability of descend/ascend drop-weight system and mission abort decision for deep-ocean scientific human submersibles. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70158-3>
- Weijermars, R. (2025). Cyclical deep-sea pressure loading of cylindrical submersibles: Analytical solution with damage-scaling factors and application to the Titan submersible failure. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2025.08.008>
- Widiyanti, Marji, Komara Mindarta, E., Idris Effendi, M., Riza, F., & Nurjanah, L. (2025). Dangir-Tech: Inovasi Mekanisasi Pertanian untuk Meningkatkan Efisiensi Petani Jagung pada Proses Pendangiran. *Indonesian Community Journal*. <https://doi.org/10.70609/icom.vxix.xxxx>
- Yang, C., Pang, L., Wu, W., & Cao, X. (2024). Human-Machine Function Allocation Method for Submersible Fault Detection Tasks. *Mathematics*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/math12223615>
- Yang, L., Zhao, S., Wang, X., Shen, P., & Zhang, T. (2022). Deep-Sea Underwater Cooperative Operation of Manned/Unmanned Submersible and Surface Vehicles for Different Application Scenarios. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/jmse10070909>
- Yao, Y., Mayon, R., Zhou, Y., Zhu, Y., & Ning, D. (2024). Integrated System of Semi-submersible Offshore Wind Turbine Foundation and Porous Shells. *Journal of Marine Science and Application*, 23(2). <https://doi.org/10.1007/s11804-024-00406-5>
- Yuan, L., Chen, Y., & Li, Z. (2024). Real-time prediction of mooring tension for semi-submersible platforms. *Applied Ocean Research*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2024.103967>