

Pembuatan Alat Ukur Kualitas Air Berbasis Arduino untuk Peningkatan Kompetensi Teknologi Siswa SMK

Tunjung Genarsih^{1*}, Angga Dwinanda², Ardianto Syaifur Rohman³, Sihmaulana Dwianto⁴, Prisilia Angel Tantri⁵

^{1,2,3,4,5} Politeknik Negeri Jember, Indonesia

*email corresponding author: tunjung.genarsih@polije.ac.id

ABSTRACT

SMK Darul Hikmah faces challenges in enhancing students' technological competencies, particularly in applied technology and environmental problem-solving. This community service activity aims to improve students' technical skills through a Workshop "From Concept to Realization: Practical Arduino-Based Water Quality Measurement Tool Creation". The method used was project-based learning with 20% theory and 80% practice, complemented by pretest and posttest as achievement measurement tools. The workshop was attended by 21 students from technology skill competencies. Results showed significant improvement: 57% of participants were able to assemble and test sensors independently, 38% understood the material well, and 71% expressed high satisfaction with the activity. Additionally, 67% of participants were highly motivated to develop further Arduino and IoT-based projects. This activity proved effective in improving students' technical competencies in Arduino programming (C++), water quality sensor assembly (pH, TDS, turbidity), and understanding of environmental monitoring concepts relevant to industry needs in the Industrial Revolution 4.0 era.

Keywords: Arduino; Water Quality; Water Quality Monitoring System; Project-Based Learning; Vocational School

PENDAHULUAN

Dunia mikrokontroler seperti Arduino telah mengalami perkembangan pesat dan menjadi fondasi dalam penerapan teknologi terapan di berbagai bidang, termasuk lingkungan, pertanian, kesehatan, hingga pendidikan. Perangkat ini memungkinkan terjadinya pengumpulan, pemantauan, dan pengolahan data secara otomatis, yang menjadi aspek penting dalam membangun sistem cerdas dan efisien di era Revolusi Industri 4.0 (Manalu et al., 2026; Nurhayati et al., 2025)

Salah satu tantangan yang masih dihadapi oleh dunia pendidikan adalah keterbatasan akses siswa terhadap penerapan teknologi (Karengga & Suti'ah, 2025; Malay et al., 2025; Nurhayati & Mulyanti, 2025). Hal ini juga ditemukan di SMK Darul Hikmah, sebuah institusi pendidikan menengah kejuruan yang memiliki visi untuk mencetak lulusan yang unggul berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi. Berdasarkan hasil survei awal dan asesmen pretest yang dilakukan sebelum workshop, diperoleh data bahwa sebagian besar siswa belum memiliki pengetahuan tentang teknologi mikrokontroler maupun sensor. Sebanyak 76% siswa (16 dari 21 siswa) belum pernah mengenal Arduino dan sensor kualitas

air, 19% (4 siswa) hanya memiliki sedikit pengetahuan dasar, dan hanya 5% (1 siswa) yang pernah mencoba perangkat mikrokontroler secara mandiri. Kondisi ini mengindikasikan rendahnya tingkat penguasaan teknologi terapan di kalangan siswa sebelum workshop berlangsung. Dalam upaya mendukung visi tersebut, diperlukan penguatan kompetensi siswa di bidang pemrograman dan integrasi sensor untuk solusi lingkungan yang kontekstual, seperti sistem pemantauan kualitas air.

Kualitas air merupakan isu penting yang sering kali luput dari perhatian generasi muda. Padahal, air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan dan lingkungan (Fadila et al., 2023; Sholahuddin & Rodhi, 2024), dan menurunnya kualitas air dapat berdampak pada kesehatan masyarakat maupun ekosistem (Maha & Susilawati, 2026; Oktaviani, 2025; Pramaningsih et al., 2023). Data menunjukkan bahwa sebagian besar sumber air di kawasan perkotaan dan pinggiran kota Indonesia telah mengalami pencemaran yang cukup mengkhawatirkan (Anggraini, 2025; Asmoro & Tugino, 2025), sehingga diperlukan sistem pemantauan yang mudah diakses dan terjangkau. Parameter utama dalam pengukuran kualitas air meliputi nilai pH, Total Dissolved Solids (TDS), dan turbidity (kekeruhan) (Rahmatullah et al., 2025). Ketiga parameter ini merupakan indikator dasar yang dapat mengidentifikasi tingkat kelayakan air untuk kebutuhan sehari-hari. Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman air, di mana nilai pH yang tidak sesuai standar dapat menjadi indikator pencemaran maupun ketidaklayakan air untuk dikonsumsi (Pratama et al., 2022; Natasya & Dzulkiflih, 2024). Sensor TDS (Total Dissolved Solids) mengukur jumlah total padatan terlarut dalam air, yang merupakan parameter penting dalam menilai kemurnian dan keamanan air minum (Chuzaini & Dzulkiflih, 2022; Lubis & Pulungan, 2023). Sementara itu, sensor turbidity mengukur kekeruhan air berdasarkan intensitas cahaya yang dipantulkan atau ditransmisikan melalui sampel, sehingga mampu mendeteksi partikel tersuspensi secara kuantitatif (Noviasari et al., 2024; Tansa et al., 2024). Perkembangan teknologi sensor memungkinkan pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan secara real-time dengan biaya yang relatif rendah, sehingga sangat potensial dikembangkan sebagai alat pemantauan lingkungan berbasis komunitas. Oleh karena itu, pengembangan alat ukur kualitas air berbasis Arduino menjadi salah satu bentuk proyek aplikatif yang tidak hanya mengajarkan keterampilan teknis, tetapi juga meningkatkan kesadaran lingkungan siswa.

Melalui kegiatan pengabdian masyarakat berupa Workshop "Dari Konsep ke Realisasi": Pembuatan Alat Ukur Kualitas Air Praktis Berbasis Arduino, siswa SMK Darul Hikmah dibimbing secara langsung dalam memahami dasar-dasar pemrograman Arduino (C++), mengenal komponen sensor air, serta merangkai dan menguji perangkat monitoring sederhana. Kegiatan disusun dengan pendekatan 20% teori dan 80% praktik, untuk memastikan transfer pengetahuan yang efektif sekaligus pengalaman belajar berbasis

proyek (*project-based learning*). Workshop juga dilengkapi sesi pretest dan posttest untuk mengukur tingkat pemahaman peserta sebelum dan sesudah pelatihan.

METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dirancang secara sistematis berdasarkan kebutuhan mitra dan menggunakan pendekatan *project-based learning*. Tahapan kegiatan mencakup tiga fase utama: survei dan analisis kebutuhan, persiapan alat dan bahan (termasuk sensor kualitas air), serta pelaksanaan workshop dan evaluasi.

Tahap 1: Survei dan Analisis Kebutuhan

Pertama, dilakukan survei ke lokasi SMK Darul Hikmah untuk mengidentifikasi kondisi, kebutuhan, dan potensi siswa dalam pengembangan keterampilan teknologi. Tahap ini diikuti dengan observasi dan wawancara langsung bersama guru dan siswa untuk menggali kebutuhan pelatihan serta kesiapan sarana dan prasarana yang tersedia.

Pada gambar 1 menunjukkan kegiatan survei awal dilakukan ke lokasi SMK Darul Hikmah untuk mengidentifikasi kondisi, kebutuhan, dan potensi siswa dalam pengembangan keterampilan teknologi. Tahap ini mencakup observasi dan wawancara langsung bersama guru dan siswa guna menggali kebutuhan pelatihan serta kesiapan sarana dan prasarana yang tersedia.



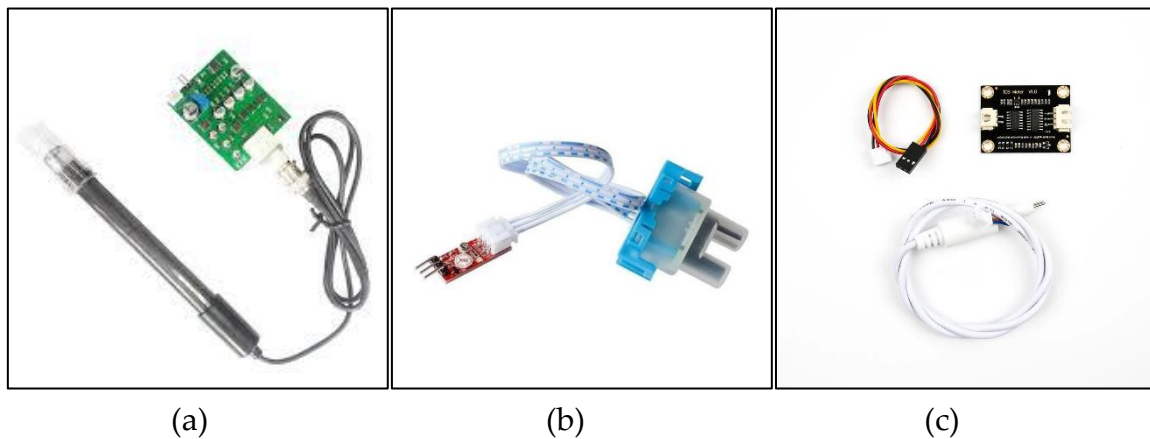
Gambar 1. Survei dan Analisis Kebutuhan SMK Darul Hikmah Jember

Fase 2: Persiapan Alat, Bahan, dan Modul Sensor

Koordinasi dilakukan dengan perwakilan SMK Darul Hikmah terkait waktu pelaksanaan, jumlah peserta, dan teknis pelatihan. Persiapan alat dan bahan pelatihan meliputi mikrokontroler Arduino, sensor-sensor kualitas air (pH, TDS, turbidity), breadboard, kabel jumper, laptop, serta modul pelatihan dalam bentuk cetak maupun digital.

Ketiga jenis sensor yang ditunjukkan pada gambar 2 digunakan memiliki peran dan karakteristik teknis yang berbeda. Sensor pH berfungsi mengukur tingkat keasaman air dengan cara mendeteksi potensial elektrokimia melalui elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan; output sensor dikonversi oleh mikrokontroler Arduino menjadi nilai pH pada skala 0–14 (Pratama et al., 2022). Sensor TDS (Total Dissolved Solids) bekerja berdasarkan prinsip konduktivitas listrik untuk mengukur jumlah padatan terlarut dalam air yang dinyatakan

dalam satuan ppm (parts per million); nilai TDS yang tinggi mengindikasikan kandungan mineral atau kontaminan yang berlebih dalam air (Chuzaini & Dzulkiflih, 2022; Lubis & Pulungan, 2023). Sensor turbidity mengukur tingkat kekeruhan air berdasarkan hamburan cahaya oleh partikel tersuspensi dan dinyatakan dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit); sensor ini mampu bekerja secara real-time dan terbukti efektif diintegrasikan dengan platform Arduino untuk sistem monitoring kualitas air (Noviasari et al., 2024; Tansa et al., 2024). Ketiga sensor dipilih karena kemudahan integrasinya dengan Arduino, ketersediaannya di pasaran dengan harga terjangkau, serta relevansinya sebagai parameter utama kelayakan air bersih sesuai standar Permenkes.



Gambar 2. (a) Sensor PH, (b) Sensor Turbidity, (c) Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*)

Tahap 3: Pelaksanaan Workshop dan Evaluasi

Pelaksanaan workshop menggunakan pendekatan eksperiensial dengan metode project-based learning dengan komposisi 20% teori dan 80% praktik. Peserta mendapatkan penjelasan konsep, praktik langsung, serta sesi diskusi dan refleksi hasil proyek. Kegiatan diawali dengan pembukaan dan asesmen awal (pretest), dilanjutkan penyampaian materi meliputi pentingnya kualitas air, jenis sensor, dan komponen pendukung alat ukur. Pada sesi materi sensor, dijelaskan prinsip kerja sensor pH dalam mengukur keasaman air (Pratama et al., 2022; Natasya & Dzulkiflih, 2024), prinsip kerja sensor TDS dalam mendeteksi padatan terlarut melalui konduktivitas (Chuzaini & Dzulkiflih, 2022), serta prinsip kerja sensor turbidity dalam mengukur kekeruhan air berbasis hamburan cahaya (Noviasari et al., 2024). Selanjutnya dilakukan demonstrasi perakitan secara sistematis, praktik dengan pendampingan intensif per kelompok, pengujian fungsional alat, diskusi dan tanya jawab, serta evaluasi akhir (posttest).

Tingkat ketercapaian keberhasilan kegiatan diukur melalui tiga indikator: (1) peningkatan pemahaman dari hasil pretest ke posttest, (2) kemampuan peserta dalam merakit dan menguji sensor secara mandiri, dan (3) tingkat kepuasan peserta berdasarkan angket yang dibagikan setelah kegiatan.

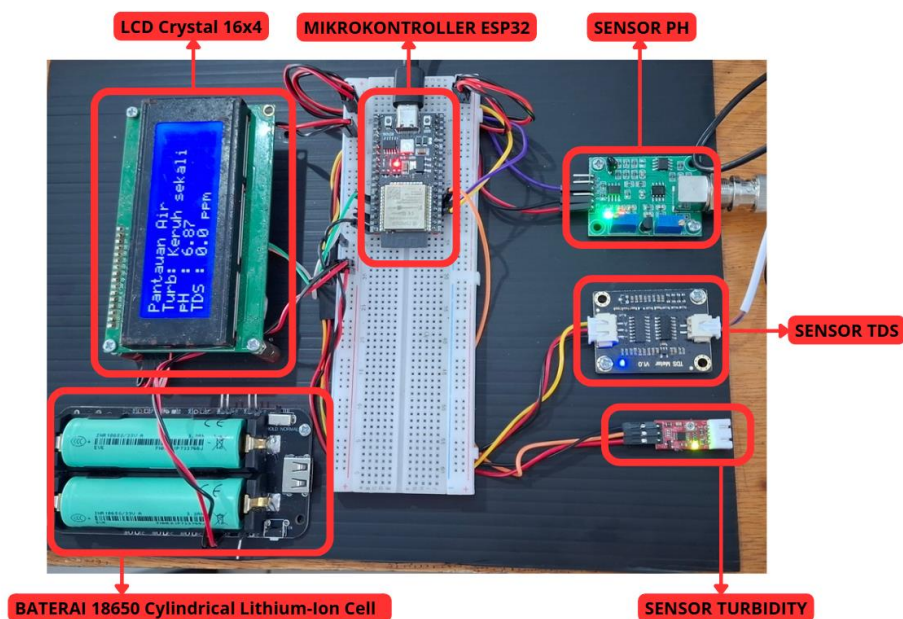
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pelaksanaan workshop, peserta diberikan pengenalan dan diajarkan pemahaman mengenai *software* Arduino IDE sesuai pada Gambar 3.

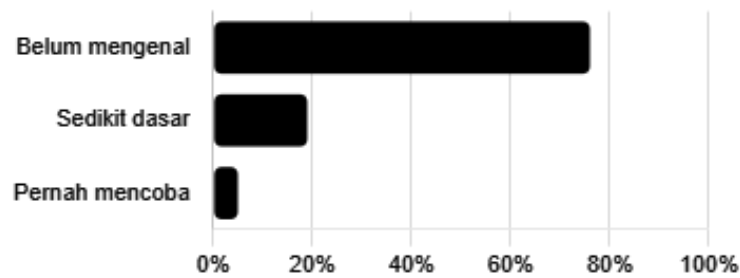


Gambar 3. Arduino IDE

Pada kegiatan workshop digunakan beberapa jenis sensor, sensor *Turbidity* untuk mendeteksi kejernihan air, sensor TDS (*Total Dissolved Solids*), dan sensor PH. Sensor-sensor ini dipilih karena aplikasinya yang sederhana namun relevan dengan teknologi IoT yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, sensor *Turbidity* digunakan untuk mengukur level kejernihan Air, sensor TDS (*Total Dissolved Solids*) digunakan untuk mengukur jumlah total padatan atau partikel terlarut—seperti mineral, garam, dan logam—dalam air, dan sensor PH untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan (alkalinitas) suatu larutan secara akurat, dengan skala 0 (sangat asam) hingga 14 (sangat basa). Pemanfaatan sensor-sensor ini memberikan gambaran praktis kepada siswa tentang cara kerja perangkat IoT khususnya dalam aplikasi monitoring kualitas air ditunjukkan pada gambar 4.

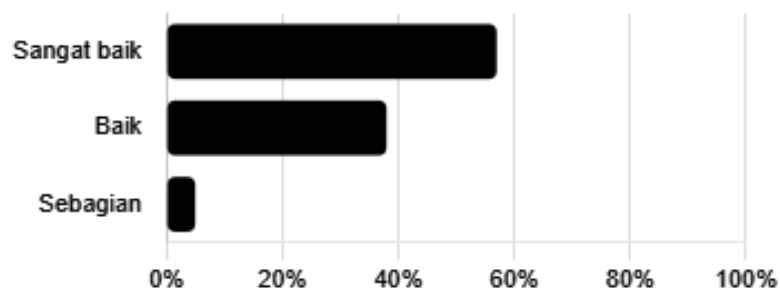


Gambar 4. Hardware Monitoring Kualitas Air



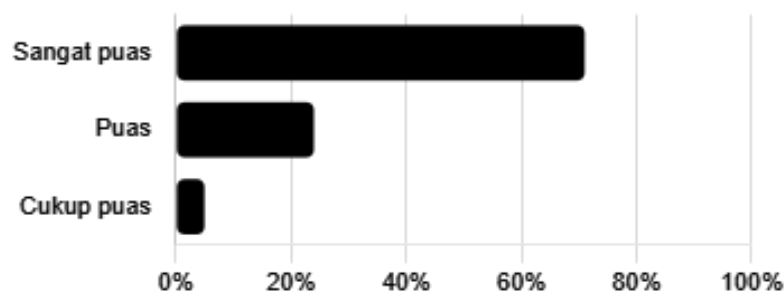
Gambar 5. Grafik Tingkat Pengetahuan Awal Siswa terhadap Arduino dan Sensor Kualitas Air

Kegiatan workshop diikuti oleh 21 siswa, seluruhnya dari kompetensi keahlian teknologi di SMK Darul Hikmah. Berdasarkan gambar 5 hasil pretest menunjukkan pengetahuan awal siswa terhadap Arduino dan Sensor Kualitas Air, mayoritas peserta belum memiliki pengalaman dengan Arduino maupun sensor kualitas air. Sebanyak 76% (16 siswa) belum pernah mengenal Arduino dan sensor kualitas air, 19% (4 siswa) memiliki sedikit pengetahuan dasar, dan hanya 5% (1 siswa) yang pernah mencoba perangkat mikrokontroler secara mandiri.



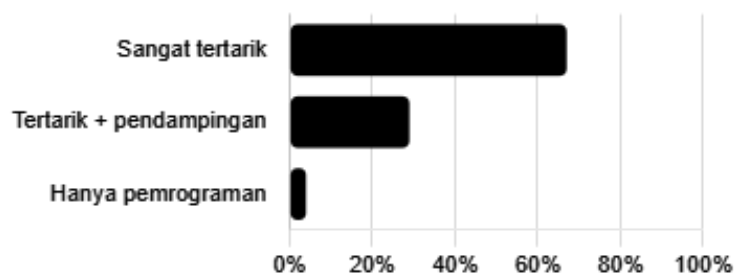
Gambar 6. Grafik Tingkat Pemahaman Siswa Pasca Workshop

Setelah mengikuti workshop dengan komposisi pada gambar 6 menunjukkan 20% teori dan 80% praktik, tingkat pemahaman peserta menunjukkan peningkatan yang signifikan. Sebanyak 57% (12 siswa) memahami materi dengan sangat baik dan mampu merangkai serta menguji sensor secara mandiri, 38% (8 siswa) memahami materi dengan baik meskipun sesekali masih memerlukan bantuan, dan 5% (1 siswa) memahami sebagian materi, khususnya pada aspek pemrograman.



Gambar 7. Grafik Tingkat Kepuasan Siswa terhadap Arduino dan Sensor Kualitas Air

Dari hasil angket kepuasan siswa pada gambar 7 menunjukkan 71% (15 siswa) menyatakan sangat puas, 24% (5 siswa) menyatakan puas, dan 5% (1 siswa) menyatakan cukup puas, tanpa ada peserta yang menyatakan tidak puas. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan *project-based learning* dengan komposisi 80% praktik sangat efektif dalam meningkatkan antusiasme dan pemahaman siswa.



Gambar 8. Grafik Minat Siswa terhadap Pengembangan IoT

Berdasarkan gambar 8 minat peserta terhadap pengembangan IoT dan monitoring lingkungan juga meningkat setelah kegiatan. Sebanyak 67% (14 siswa) menyatakan sangat tertarik untuk mengembangkan proyek lanjutan berbasis Arduino, 29% (6 siswa) tertarik tetapi membutuhkan pendampingan, dan 4% (1 siswa) hanya tertarik pada aspek pemrogramannya saja. Umpan balik peserta menunjukkan bahwa bagian paling menarik dari workshop adalah praktik merangkai sensor pH, TDS, dan turbidity. Peserta juga menilai kegiatan ini membantu mereka memahami cara kerja sensor dalam isu kualitas air yang dekat dengan kehidupan sehari-hari, serta banyak yang mengusulkan adanya workshop lanjutan mengenai IoT dan integrasi modul ESP8266/ESP32. Berikut merupakan dokumentasi pengabdian di SMK Darul Hikmah selama kegiatan workshop berlangsung. Berdasarkan visualisasi data di atas, terlihat adanya pergeseran kurva pemahaman siswa yang signifikan. Dominasi keterbatasan pengetahuan awal (76% belum kenal) berhasil dipetakan ulang melalui pendekatan *project-based learning* dengan porsi 80% praktik dan 20% teori. Hasil pasca-workshop membuktikan efektivitas metode ini, di mana 57% siswa langsung mencapai tingkat pemahaman tertinggi (mandiri). Tingginya angka kepuasan (71% Sangat Puas) serta besarnya minat lanjutan pada teknologi IoT (67% Sangat Tertarik) mengindikasikan bahwa penggunaan studi kasus riwayat kualitas air (sensor pH, TDS, dan turbidity) berhasil memicu kedekatan kontekstual materi dengan kehidupan sehari-hari siswa.





Gambar 9. Dokumentasi Kegiatan Workshop

KESIMPULAN

Workshop "Dari Konsep ke Realisasi: Pembuatan Alat Ukur Kualitas Air Praktis Berbasis Arduino" di SMK Darul Hikmah telah berhasil dilaksanakan dengan memberikan dampak positif yang signifikan. Kegiatan ini terbukti mampu meningkatkan wawasan dan pengetahuan siswa tentang teknologi Arduino dan aplikasinya dalam monitoring kualitas air, meningkatkan kompetensi teknis dalam pemrograman dasar Arduino (C++) dan perakitan sensor, serta menumbuhkan motivasi siswa untuk terus belajar dan berinovasi di bidang teknologi. Pendekatan *project-based learning* dengan komposisi 20% teori dan 80% praktik terbukti efektif, dengan 57% peserta mampu merangkai dan menguji sensor secara mandiri, 71% peserta menyatakan sangat puas, dan 67% peserta sangat tertarik mengembangkan proyek lanjutan berbasis IoT. Disarankan agar dilakukan pendampingan berkelanjutan, pembentukan klub IoT di sekolah, serta pengembangan workshop serupa di sekolah-sekolah lain sebagai upaya memperluas dampak program.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Jember, Kepala P3M Politeknik Negeri Jember, serta pihak SMK Darul Hikmah sebagai mitra kegiatan yang telah mendukung terlaksananya program pengabdian kepada masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Fadila, Sudarti, & Yushardi. (2023). Permasalahan Kualitas Air Permukaan Sebagai Sumber Kehidupan Dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 419.
- Manalu, A. S., Erwin Sirait, Arifin Tua Purba, Minar Sihombing, Roy Sahputera Saragih, Rajainal Saragih, & Hengki Mangiring Parulian Simarmata. (2026). Peningkatan Kompetensi Mikrokontroler Siswa SMK Negeri 3 Pematangsiantar melalui Pelatihan Arduino Berbasis Praktik Industri. *Harmoni Sosial : Jurnal Pengabdian Dan Solidaritas Masyarakat*, 3(1), 146–158. <https://doi.org/10.62383/harmoni.v3i1.2834>

- Anggraini, A. F. (2025). Analisis Kualitas Air dan Sumber Pencemaran Sungai di Kota Surabaya. *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(4), 1456–1464. <https://doi.org/10.63822/v8wedc16>
- Asmoro, E. I., & Tugino. (2025). Literatur Review Pencemaran Air Sungai Di Kota-Kota Besar. *MarineScienceandTechnologyJournal*, 2. <https://doi.org/10.31331/maristec.v2i1>
- Karengga, F. I., & Suti'ah. (2025). Analisis Tantangan Pengembangan Media Serta Bahan Ajar Berbasis Teknologi Dalam Peningkatan Kompetensi Literasi Digital Siswa MI. *MUBTADI: Jurnal Pendidikan Ibtidaiyah*, 6(2), 156–169. <https://doi.org/10.19105/mubtadi.v6i2.17153>
- Maha, & Susilawati. (2026). Dampak Pencemaran Lingkungan Terhadap Kesehatan Masyarakat Pesisir. *JOURNAL OF HEALTH AND MEDICAL RESEARCH*, 3(3).
- Malay, I., Tania, C., Ardiansyah, F. R., Adifka, M. S., & Irawan, N. S. (2025). Dampak Penerapan Teknologi dalam Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran di Lingkungan Pendidikan Sekolah dan Universitas. *EDU SOCIETY: JURNAL PENDIDIKAN, ILMU SOSIAL DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT*, 5(1), 14–29. <https://doi.org/10.56832/edu.v5i1.651>
- Sholahuddin, M., & Rodhi, N. N. (2024). Edukasi Masyarakat Peduli Air Bersih Dalam Upaya Peningkatan Pengetahuan Masyarakat Tentang Air Bersih. *Jurnal Abdimas Mandiri*, 8(3), 416–424. <https://doi.org/10.36982/jam.v8i3.4698>
- Nurhayati, & Mulyanti, D. (2025). Strategi Manajemen Pendidikan di Era Digital: Optimalisasi Infrastruktur, SDM, dan Pembelajaran Berbasis Teknologi. *Jurnal Pelita Nusantara*, 2(4), 376–383. <https://doi.org/10.59996/jurnalpelitanusantara.v2i4.698>
- Nurhayati, Rahmawati, L., & Setyono, M. I. A. (2025). Upaya Meningkatkan Kompetensi Pemrograman Dan Aplikasi Mikrokontroler Berbasis Trainer Mikrokontroler Bagi Siswa Smk Ummatan Wasathan Kabupaten Kediri. *PROFICIO*, 6(2), 995–1006. <https://doi.org/10.36728/jpf.v6i2.5177>
- Oktaviani, N. N. (2025). Dampak Pencemaran Air terhadap Ekosistem Perairan dan Kesehatan Masyarakat. In *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* (Vol. 1, Number 1).
- Pramaningsih, V., Yuliawati, R., Sukisman, S., Hansen, H., Suhelmi, R., & Daramusseng, A. (2023). Indek Kualitas Air dan Dampak terhadap Kesehatan Masyarakat Sekitar Sungai Karang Mumus, Samarinda. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 313–319. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.313-319>
- Rahmatullah, A., Dwangga, M., Nurbia, N., & Yasin, A. F. (2025). Analisis Pengujian Kualitas Air Sumur Bor, Air Galon R.O, dan Air PDAM Berdasarkan Pengukuran

- Ph, Kekeruhan (Turbidity), dan Total Dissolved Solids (TDS). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 13(2), 57–73. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v13i2.96249>
- Noviasari, L., Tafrikhatin, A., Benedi, J., & Syahputra, V. O. (2024). Water Turbidity Detection Device Using Turbidity Sensor Based On Arduino Uno. *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 8(2), 438–444. <https://doi.org/10.37339/e-komtek.v8i2.2219>
- Tansa, M., Melangi, S., & Hulukati, S. (2024). Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekeruhan, Suhu, TDS, pH) Menggunakan Mikrokontroler Atmega328. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(1), 63–70. <https://doi.org/10.37905/jjee.v6i1.23315>
- Chuzaini, F., & Dzulkiflih, D. (2022). IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, dan Total Dissolved Solids (TDS). *Inovasi Fisika Indonesia*, 11(3), 46–56. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-fisika-indonesia/article/view/48240>
- Lubis, I., & Pulungan, A. (2023). Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Air Berbasis Online. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(2), 462–469. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i2.398>
- Pratama, I. P. Y. P., Wibawa, K. S., & Suarjaya, I. M. A. D. (2022). Perancangan pH Meter dengan Sensor pH Air Berbasis Arduino. *JITTER: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, 3(2), 1034–1042. <https://doi.org/10.24843/JTRTI.2022.v03.i02.p02>
- Natasya, A. N., & Dzulkiflih, D. (2024). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kualitas Air Minum Berbasis Arduino. *Inovasi Fisika Indonesia*, 13(1), 1–8. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-fisika-indonesia/article/view/4796>