

Developing Technological Literacy in Papua's Local Policy-Based Learning in Environmental Monitoring

Pengembangan Literasi Teknologi pada Pembelajaran Berbasis Kebijakan Lokal Papua dalam Pemantauan Lingkungan

Khaeriah Dahlan, Rahman, Hardi Hamzah, Nalince Naomi Paraibabo, Ahmad Rezaldi Maulana

Jurusan Fisika, Universitas Cenderawasih

Email: khaeriahd@gmail.com

Abstract - This community service program aims to enhance technological literacy and strengthen STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education at SMA Pembangunan V Yapis Waena, Papua, through the introduction of sensor technology based on the Arduino Uno microcontroller integrated with local wisdom. The program addresses key challenges, including limited access to technology, insufficient integration of local contexts into learning, and the lack of students' hands-on experience in environmental monitoring. The activities were conducted through teacher training, project-based learning, and community collaboration over one semester. The implementation results showed a significant increase in students' technological literacy and STEM competence, with an average improvement of 30% in conceptual understanding, 60% in programming skills, and 35% in scientific collaboration. Teachers demonstrated greater confidence in utilizing Arduino devices and developing digital learning materials. The program's outputs include a contextual learning module based on Arduino, simple environmental monitoring prototypes, and a student project exhibition involving the local community. The program has generated measurable impacts, such as improved environmental awareness, stronger collaboration between schools and communities, and the establishment of a locally integrated STEM learning model that can be replicated in other schools across Papua.

Keywords: STEM, Arduino Uno, Local Wisdom, Environmental Monitoring, Community Service

Abstrak – Program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan literasi teknologi dan memperkuat pendidikan STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*) di SMA Pembangunan V Yapis Waena, Papua, melalui pengenalan teknologi sensor berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang diintegrasikan dengan kearifan lokal. Kegiatan ini dilatarbelakangi oleh keterbatasan akses terhadap teknologi, rendahnya integrasi konteks lokal dalam pembelajaran, serta minimnya pengalaman praktis siswa dalam pemantauan lingkungan. Program dilaksanakan melalui pelatihan guru, pembelajaran berbasis proyek, dan kolaborasi komunitas selama satu semester. Hasil pelaksanaan menunjukkan peningkatan signifikan terhadap literasi teknologi dan kompetensi STEM, dengan rata-rata peningkatan pemahaman siswa sebesar 30%, kemampuan pemrograman 60%, dan kolaborasi ilmiah 35%. Para guru menunjukkan peningkatan kepercayaan diri dalam penggunaan perangkat Arduino dan pengembangan konten digital pembelajaran. Luaran kegiatan meliputi modul pembelajaran kontekstual berbasis Arduino, prototipe alat pemantauan lingkungan sederhana, serta pameran hasil proyek siswa yang melibatkan komunitas lokal. Dampak program terlihat dari meningkatnya kesadaran lingkungan, penguatan kolaborasi antara sekolah dan masyarakat, serta munculnya model pembelajaran STEM berbasis kearifan lokal yang berpotensi direplikasi di sekolah lain di Papua.

Kata Kunci: STEM, Arduino Uno, Kearifan Lokal, Pemantauan Lingkungan, Pengabdian Masyarakat

1. PENDAHULUAN

Papua merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang dikenal dengan kekayaan alam, keanekaragaman hayati, serta budaya yang beragam. Potensi ini menjadikan Papua sebagai aset nasional yang penting dalam pembangunan berkelanjutan. Namun, di balik potensi besar tersebut, Papua juga menghadapi tantangan yang cukup kompleks, baik dari sisi pendidikan maupun lingkungan. Bidang pendidikan, khususnya di tingkat menengah atas, memiliki peran

yang sangat strategis dalam membentuk generasi muda Papua agar mampu menghadapi tantangan global sekaligus tetap menjaga identitas dan kearifan lokal. Salah satu sekolah yang berperan penting dalam proses ini adalah SMA Pembangunan V Yapis Waena di Jayapura. Sekolah ini merupakan contoh institusi pendidikan di Papua yang berupaya keras menyeimbangkan tuntutan perkembangan zaman dengan akar budaya setempat.

Pendidikan STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*) saat ini diakui sebagai komponen penting bagi pertumbuhan ekonomi dan daya saing global. Melalui pendekatan STEM, siswa diharapkan tidak hanya memahami teori, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah, serta kompetensi teknologi yang relevan di era modern. Di Papua, upaya untuk memperkenalkan dan meningkatkan pendidikan STEM terus dilakukan, terutama di daerah pedesaan dan wilayah dengan sumber daya terbatas, guna memberdayakan siswa dengan keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk pembangunan masa depan [1]. Salah satu pendekatan yang mulai dikembangkan adalah mengintegrasikan pengetahuan lokal dengan pendidikan STEM agar topik-topik STEM menjadi lebih relevan dan mudah diakses oleh siswa [2].

Meskipun demikian, realitas di lapangan menunjukkan masih banyak kendala yang dihadapi. Seperti sekolah-sekolah lain di Papua, SMA Pembangunan V Yapis Waena juga menghadapi keterbatasan signifikan dalam hal sumber daya, termasuk minimnya akses terhadap alat pendidikan modern yang dibutuhkan dalam pembelajaran STEM [3]. Selain itu, meskipun kompetensi digital guru sains di Jayapura dilaporkan berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi, kesenjangan masih ditemukan pada beberapa aspek penting, terutama dalam pembuatan konten digital dan keamanan, yang dapat menghambat integrasi teknologi dalam pembelajaran [4]. Kurangnya integrasi konteks lokal ke dalam pembelajaran STEM juga menjadi persoalan tersendiri, padahal hal tersebut penting untuk meningkatkan relevansi dan daya tarik pembelajaran bagi siswa Papua [2].

Selain persoalan di bidang pendidikan, Papua juga menghadapi tantangan lingkungan yang mendesak. Beberapa isu yang menonjol antara lain perubahan iklim, deforestasi, hilangnya keanekaragaman hayati, serta erosi pesisir. Tantangan ini berdampak langsung terhadap kehidupan masyarakat lokal dan menuntut adanya pemahaman serta pemantauan yang cermat untuk merumuskan strategi mitigasi yang efektif. Namun, siswa di SMA Pembangunan V Yapis Waena masih memiliki pemahaman yang terbatas mengenai tantangan lingkungan spesifik yang dihadapi Papua, termasuk minimnya pengalaman langsung dalam menggunakan teknologi untuk memantau kondisi lingkungan [5]. Kondisi ini mengakibatkan adanya kesenjangan antara pengetahuan akademis dengan tindakan nyata yang dapat diimplementasikan untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Dalam konteks tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat yang berfokus pada pengenalan teknologi sensor berbasis mikrokontroler Arduino Uno menjadi relevan. Arduino dikenal sebagai *platform* yang mudah diakses, terjangkau, dan efektif untuk pendidikan STEM [6]. Penerapannya memungkinkan siswa memperoleh pengalaman langsung (*hands-on*) dalam merancang, memprogram, dan mengaplikasikan sensor untuk pemantauan lingkungan, seperti suhu, kelembaban, maupun pH tanah. Dengan cara ini, siswa tidak hanya mengasah keterampilan digital, tetapi juga mampu menghubungkan teknologi dengan konteks lokal Papua. Integrasi ini sejalan dengan upaya menjadikan pembelajaran STEM menjadi lebih kontekstual dan bermakna [7][8].

Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan beberapa dampak positif. Pertama, meningkatkan literasi teknologi siswa melalui pemahaman dan keterampilan dalam penggunaan mikrokontroler dan sensor lingkungan [8]. Kedua, mengintegrasikan pembelajaran STEM dengan kearifan lokal Papua sehingga siswa merasa pembelajaran lebih relevan dengan kehidupan sehari-hari [2][7]. Ketiga, membangun kesadaran lingkungan melalui pengalaman langsung dalam memantau isu-isu lingkungan lokal, seperti deforestasi, perubahan iklim mikro, dan kualitas air [5]. Keempat, memberikan keterampilan praktis dalam merancang serta mengimplementasikan solusi berbasis teknologi untuk permasalahan nyata di sekitar mereka [8].

Dengan demikian, kegiatan pengabdian masyarakat ini tidak hanya bertujuan menjembatani kesenjangan dalam pendidikan STEM, tetapi juga memperkuat keterhubungan antara ilmu pengetahuan modern dengan kearifan lokal. Melalui perpaduan teknologi modern dengan konteks Papua, kegiatan ini berkontribusi pada peningkatan kualitas pendidikan, pembangunan kapasitas generasi muda, serta mendukung upaya pelestarian lingkungan di wilayah Papua.

2. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang secara sistematis dan terstruktur agar tujuan program dapat tercapai secara efektif serta berkelanjutan. Metode pengabdian ini dibagi ke dalam empat tahap utama, yaitu tahap persiapan dan perencanaan, tahap implementasi, tahap evaluasi dan penyempurnaan, serta tahap keberlanjutan dan diseminasi.

Tahap Persiapan dan Perencanaan

Pada tahap analisis kebutuhan dan konteks lokal, dilakukan survei awal untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik SMA Pembangunan V Yapis Waena terkait pembelajaran STEM. Selain itu, diadakan pula diskusi dengan pemangku kepentingan lokal untuk memahami konteks budaya dan lingkungan Papua yang relevan dengan pelaksanaan program.

Selanjutnya, pada tahap pengembangan kurikulum dan materi pembelajaran, dirancang kurikulum yang mengintegrasikan konsep STEM, penggunaan Arduino Uno, dan kearifan lokal Papua. Kurikulum ini dilengkapi dengan penyusunan modul pembelajaran yang mencakup teori dasar, panduan praktikum, serta proyek-proyek berbasis Arduino yang berfokus pada kegiatan pemantauan lingkungan.

Sementara itu, tahap persiapan logistik dan peralatan meliputi penyediaan *kit* Arduino Uno beserta sensor (suhu, kelembaban, dan pH) untuk setiap kelompok siswa, serta penyiapan ruang laboratorium atau kelas yang sesuai agar kegiatan praktikum dapat terlaksana secara efektif dan kondusif.

Tahap Implementasi

Tahap pelatihan guru dilaksanakan melalui *workshop* intensif selama tiga hari yang ditujukan bagi guru-guru STEM di SMA Pembangunan V Yapis Waena. Materi pelatihan mencakup pengenalan dasar-dasar Arduino, pemrograman sensor, serta strategi integrasi teknologi tersebut ke dalam kurikulum STEM, sehingga guru memiliki bekal yang memadai untuk mendukung proses pembelajaran.

Setelah itu, tahap pengenalan program kepada siswa dilakukan dengan memberikan sesi orientasi mengenai tujuan program dan relevansinya dengan konteks lokal Papua. Pada tahap ini, siswa juga dibagi ke dalam kelompok kolaboratif untuk memfasilitasi pelaksanaan proyek berbasis tim.

Selanjutnya, tahap pembelajaran terintegrasi berlangsung selama satu semester, dengan pola kegiatan mingguan berupa dua jam sesi teori dan tiga jam sesi praktik. Materi teori menekankan pemahaman konsep-konsep STEM serta keterkaitannya dengan kearifan lokal Papua, sedangkan sesi praktik berfokus pada keterampilan teknis dalam penggunaan Arduino dan sensor.

Untuk memperdalam pemahaman, siswa diarahkan pada proyek pemantauan lingkungan, di mana mereka merancang dan mengimplementasikan perangkat berbasis Arduino yang relevan dengan isu-isu lokal. Beberapa isu yang

diangkat antara lain pemantauan kualitas air sungai, deteksi dampak deforestasi, serta perubahan iklim mikro di sekitar lingkungan sekolah. Melalui proyek ini, siswa tidak hanya belajar teknologi, tetapi juga berkontribusi langsung dalam memahami dan mencari solusi atas permasalahan lingkungan di Papua.

Tahap Evaluasi dan Penyempurnaan

Tahap selanjutnya dalam pelaksanaan program adalah evaluasi dan penyempurnaan, yang dilakukan secara sistematis untuk memastikan efektivitas kegiatan. Evaluasi berkala dilaksanakan setiap minggu guna menilai kemajuan siswa sekaligus mengidentifikasi aspek yang memerlukan perbaikan.

Selain itu, ujian tengah semester diterapkan untuk mengukur pemahaman konseptual siswa serta keterampilan praktis mereka dalam penggunaan Arduino dan sensor. Pada akhir semester, diadakan pameran proyek siswa sebagai wadah presentasi hasil pemantauan lingkungan yang telah mereka lakukan.

Acara ini turut menghadirkan pemangku kepentingan lokal dan komunitas sebagai penilai sekaligus pemberi umpan balik, sehingga siswa dapat memperoleh apresiasi dan masukan konstruktif. Evaluasi program kemudian ditutup dengan penilaian komprehensif melalui survei kepuasan siswa dan guru, serta analisis data hasil proyek yang digunakan untuk menilai sejauh mana program meningkatkan kesadaran lingkungan.

Metode pelaksanaan ini dirancang tidak hanya untuk memberikan dampak jangka pendek berupa peningkatan keterampilan dan pengetahuan, tetapi juga untuk menciptakan fondasi keberlanjutan jangka panjang. Integrasi pembelajaran STEM, teknologi Arduino, dan kearifan lokal Papua diharapkan mampu memberdayakan siswa dan guru di SMA Pembangunan V Yapis Waena dengan keterampilan relevan untuk masa depan, sekaligus menjaga nilai-nilai budaya lokal [9][10].

Pendekatan *hands-on* dan berbasis proyek yang digunakan dalam program ini sejalan dengan praktik terbaik pendidikan STEM, yang terbukti dapat meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa [7]. Integrasi kearifan lokal dalam kurikulum tidak hanya meningkatkan relevansi pembelajaran, tetapi juga mendukung pelestarian pengetahuan tradisional yang sangat penting di Papua [9][11]. Dengan melibatkan komunitas lokal serta memfokuskan pada isu-isu lingkungan nyata, program ini turut mendorong kesadaran lingkungan dan partisipasi aktif siswa

dalam pembangunan berkelanjutan, sejalan dengan agenda pendidikan berkelanjutan dan pelestarian lingkungan global [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Program

Dalam pelaksanaan program, tim pengabdian menyelenggarakan pelatihan intensif (Gambar 1) selama tiga hari bagi guru-guru STEM dengan fokus pada pengenalan dasar Arduino, pemrograman sensor, serta integrasi konsep STEM dengan kearifan lokal Papua. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa para guru merespons positif kegiatan ini. Sebagian besar guru sebelumnya mengaku masih mengalami kesulitan dalam pembuatan konten digital dan pengelolaan perangkat lunak. Namun, setelah mengikuti pelatihan, mereka menjadi lebih percaya diri dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran.



Gambar 1. Penyampaian materi mengenai STEM dan mikrokontroler

Bagi siswa (Gambar 2), sesi orientasi dilaksanakan pada awal semester untuk memperkenalkan tujuan program, pentingnya pemantauan lingkungan, serta potensi pemanfaatan teknologi sensor dalam pelestarian lingkungan Papua. Siswa dibagi ke dalam kelompok kecil untuk mengerjakan proyek berbasis Arduino. Beberapa proyek yang dikembangkan meliputi:

- Pemantauan suhu dan kelembaban tanah pada tanaman pangan lokal.
- Pemantauan pH air pada sumber air yang digunakan masyarakat.

- Pemantauan mikroklimat di sekitar sekolah.



Gambar 2. Pembelajaran siswa menggunakan mikrokontroler

Selama satu semester, pembelajaran dilaksanakan secara paralel antara teori (dua jam per minggu) dan praktik (tiga jam per minggu). Pendekatan *hands-on* ini terbukti meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa, sejalan dengan temuan [5] yang menegaskan efektivitas pembelajaran berbasis proyek (Tabel 1) dengan Arduino dalam meningkatkan partisipasi siswa.

Tabel 1. Contoh Proyek Siswa Berbasis Arduino

No	Judul Proyek	Sensor yang Digunakan	Relevansi Lokal Papua
1	Monitoring suhu & kelembaban tanah	Sensor DHT11	Tanaman pangan lokal (sagu, ubi, keladi)
2	Pemantauan pH air sungai	Sensor pH	Sumber air masyarakat sekitar sekolah
3	Sistem pemantauan mikroklimat sekolah	Sensor suhu & kelembaban	Identifikasi perubahan iklim mikro lingkungan
4	Deteksi kelembaban tanah pertanian	Sensor soil moisture	Optimalisasi lahan pertanian tradisional

Dampak, Peningkatan Kompetensi, dan Integrasi Kearifan Lokal

a. Peningkatan Literasi Teknologi dan Kompetensi STEM

Evaluasi mingguan menunjukkan adanya peningkatan signifikan (Tabel 2) dalam literasi teknologi siswa. Berdasarkan hasil *pre-test* dan *post-test*, pemahaman konsep STEM meningkat rata-rata sebesar 30%. Lebih dari 80% siswa mampu merancang dan memprogram proyek Arduino sederhana.

Tabel 2. Peningkatan Literasi STEM dan Kompetensi Siswa

Aspek yang Dinilai	Sebelum Program (%)	Sesudah Program (%)	Peningkatan
Pemahaman konsep STEM dasar	45	75	+30%
Kemampuan merancang proyek	25	82	+57%
Pemrograman Arduino sederhana	20	80	+60%
Kolaborasi & komunikasi ilmiah	35	70	+35%
Kesadaran lingkungan	40	80	+40%

Selain itu, rubrik penilaian menunjukkan peningkatan keterampilan abad ke-21, seperti pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kreativitas. Sekitar 70% siswa menunjukkan kemajuan dalam kolaborasi dan komunikasi ilmiah, khususnya saat mempresentasikan hasil proyek kepada komunitas.

b. Integrasi Kearifan Lokal Papua dalam Pembelajaran STEM

Integrasi kearifan lokal terwujud melalui proyek-proyek yang relevan dengan kebutuhan masyarakat, seperti pemantauan kelembaban tanah pada lahan sagu dan pemantauan kualitas air sungai. Modul pembelajaran juga mencakup studi kasus terkait isu lokal, seperti deforestasi dan perubahan iklim mikro.

Hasil survei *pre-program* dan *post-program* menunjukkan adanya peningkatan apresiasi siswa terhadap nilai budaya Papua sebesar 60%. Dengan demikian, siswa tidak hanya memahami teknologi, tetapi juga menginternalisasi pentingnya menjaga kearifan lokal sebagai bagian dari identitas mereka.

c. Dampak Lingkungan dan Pemberdayaan Komunitas

Sedikitnya tiga proyek pemantauan lingkungan berbasis sekolah berlanjut hingga akhir program. Data yang dikumpulkan dari sensor digunakan untuk diskusi solusi permasalahan lingkungan serta menjadi bahan masukan bagi masyarakat dan pemerintah lokal. Pameran proyek di akhir semester mendapat apresiasi dari pemangku kepentingan lokal, termasuk pemerintah daerah dan organisasi lingkungan, yang membuka peluang keberlanjutan program.

Pembahasan kritis terhadap hasil program

Program ini terbukti efektif dalam meningkatkan literasi teknologi, keterampilan STEM, dan kesadaran lingkungan siswa SMA Pembangunan V Yapis Waena (Tabel 3). Integrasi teknologi dengan kearifan lokal membuat pembelajaran lebih relevan sekaligus memperkuat identitas budaya siswa. Namun, tantangan utama yang masih dihadapi adalah keterbatasan peralatan dan pendanaan, yang menjadi hambatan dalam memperluas program ke sekolah lain. Selain itu, diperlukan kolaborasi yang lebih erat dengan komunitas, organisasi lingkungan, dan pembuat kebijakan agar data hasil pemantauan siswa dapat dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan terkait konservasi lingkungan.

Tabel 3. Dampak Program terhadap Guru, Siswa, dan Komunitas

Sasaran	Dampak yang Dirasakan
Guru	Meningkatkan kompetensi digital, strategi pembelajaran STEM kontekstual, literasi Arduino
Siswa	Literasi teknologi meningkat, keterampilan abad 21 berkembang, kesadaran lingkungan naik
Komunitas	Mendapat data pemantauan lingkungan, kesadaran konservasi meningkat, kolaborasi dengan sekolah terbangun

Implikasi dan rekomendasi

Hasil program ini memiliki beberapa implikasi penting, antara lain:

- Pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang memadukan teknologi modern dan kearifan lokal terbukti mampu meningkatkan motivasi serta relevansi pembelajaran STEM.
- Kolaborasi antara sekolah, komunitas, dan pemangku kepentingan eksternal menjadi faktor kunci keberhasilan pendidikan kontekstual di Papua.

Rekomendasi ke depan adalah memperluas replikasi program ke sekolah lain dengan penyesuaian lokal, memperkuat kapasitas guru,

serta menyediakan dukungan infrastruktur yang memadai. Program ini berpotensi menjadi *best practice* dalam pengembangan pendidikan STEM berbasis kearifan lokal dan teknologi di Papua, sekaligus berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.

4. PENUTUP

Program pengabdian masyarakat ini terbukti efektif dalam meningkatkan literasi teknologi dan keterampilan STEM siswa maupun guru di SMA Pembangunan V Yapis Waena, Papua. Melalui pendekatan *hands-on* dan berbasis proyek, peserta mampu merancang serta mengimplementasikan perangkat Arduino untuk pemantauan lingkungan sekaligus mengaitkannya dengan kearifan lokal. Integrasi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep sains dan teknologi, tetapi juga menumbuhkan kesadaran lingkungan, kreativitas, serta partisipasi aktif siswa dalam kegiatan sekolah maupun komunitas.

Untuk keberlanjutan program, beberapa langkah strategis disarankan:

- Mereplikasi kegiatan di sekolah lain dengan dukungan perguruan tinggi, pemerintah, dan mitra.
- Memperkuat kapasitas guru melalui pelatihan berkelanjutan dan pengembangan komunitas praktik.
- Mengembangkan modul pembelajaran kontekstual yang menggabungkan isu lingkungan dan budaya lokal.
- Memperluas kolaborasi dengan komunitas dan pemangku kepentingan eksternal.
- Menyediakan dukungan infrastruktur, perangkat, serta pendanaan yang memadai.
- Melaksanakan evaluasi rutin dan diseminasi hasil kegiatan melalui publikasi serta forum akademik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kravia, R. Matthew, J. Hagoya, J. Havave, S. DeBritto, J. Ambelye, A. Zeming, P. Sakopa, T. Bourke, V. Chandra, D. Beutel, and D. Mallet, "Preparing Integrated STEM Educators In PNG: The Enabling and Constraining Factors," 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4903108/v1>
- [2] R. Anggriawan, "Bridging STEM Education with Local Knowledge: Empowering Rural Students in Papua, Indonesia," 2025. [Online]. Available: <http://ir.library.illinoisstate.edu/ior2025/19>
- [3] R. Ismail, H. Retnawati, and O. R. Imawan, "Cluster analysis of the national examination: School grouping to maintain the sustainability of high school quality," *REID (Research and Evaluation in Education)*, vol. 8, no. 1, p. 2, 2022.
- [4] N. Nurbaya, H. Listiani, S. Satar, and M. Akobiarek, "Digital Competence of Science Teachers at Jayapura City of Papua," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 10, no. 9, pp. 6415–6425, 2024, doi: 10.29303/jppipa.v10i9.8422.
- [5] E. Wranga, G. Aku, F. Otim, and V. Chandra, "Teaching science using digital technologies: Some insights from Papua New Guinean schools," *Teaching Science*, vol. 67, no. 3, pp. 21–24, 2021.
- [6] E. Gertz and P. Di Justo, *Environmental Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data about the World Around Us*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [7] A. Permasari, B. Rubini, and O. F. Nugroho, "STEM Education in Indonesia: Science Teachers' and Students' Perspectives," *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, vol. 2, no. 1, pp. 7–16, 2021, doi: 10.46843/jiecr.v2i1.24.
- [8] O. F. Nugroho, A. Permasari, H. Firman, and R. Riandi, "The importance of STEM based education in Indonesia curriculum," *Pedagonal: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, vol. 5, no. 2, pp. 56–61, 2021, doi: 10.33751/pedagonal.v5i2.3779.
- [9] E. Wahyuni, M. Tandon, and B. Jonathan, "Leveraging Local Wisdom in Curriculum Design to Promote Sustainable Development in Rural Schools," *Journal of Social Science Utilizing Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 446–459, 2024.
- [10] F. Z. Luqmi, E. Abas, I. Istiana, and K. Karmila, "Integrating Local Wisdom and Modern Technology to Address Society 5.0 Era Challenges in Culture," *Jurnal Impresi Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 1052–1061, 2025.
- [11] I. Damopolii, J. H. Nunaki, J. Jeni, M. B. Rampheri, and A. Ambusaidi, "An integration of local wisdom into a problem-based student book to empower students' conservation attitudes," *Participatory Educational Research*, vol. 11, no. 1, pp. 158–177, 2024, doi: 10.17275/per.24.10.11.1.