

Dari Sampah Jadi Karya: Inovasi Mathematic Aquaponik untuk Ketahanan Pangan dan Gaya Hidup Berkelanjutan

Fury Styo Siskawati^{1*}, Sholahudin Al Ayubi², Endang Sri Wahyuni³, Nabila Rizqi Ananda⁴, Putri Sholehah⁵, Muhammad Saiful Rizal⁶

^{1,2,3,4,5,6} Universitas Islam Jember, Indonesia

*email corresponding author: furystyo@gmail.com

ABSTRACT

This community service activity aims to enhance public awareness and skills in managing plastic waste through a creative innovation that integrates science and art, namely the development of Mathematic Aquaponics. The program was carried out by a team of lecturers and students from the Mathematics Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education (FKIP), Universitas Islam Jember, in collaboration with teachers and students of SMK Nailul Huda Mrawan Tapen Bondowoso. The activity began with a socialization session on the impact of plastic waste and the principles of reduce, reuse, recycle (3R), followed by a workshop on creating a simple aquaponic system using recycled materials such as used plastic bottles, drink cups, and damaged water gallons. The Participatory Action Research (PAR) approach was employed to ensure active participant involvement at every stage, including the application of basic mathematical calculations to determine water volume, the ratio of plants to fish, and geometric spacing in the system design. The results showed an increase in participants' knowledge and creativity, with 92% successfully redesigning their own Mathematic Aquaponic systems that combined functional and aesthetic aspects. This program demonstrates that plastic waste can be transformed into a contextual learning medium integrating mathematics education, environmental science, and sustainability values. Thus, the activity not only contributes to reducing plastic waste but also fosters a scientific and creative culture within schools and communities.

Keywords: Plastic; Waste; Mathematic Aquaponics

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia masih menjadi persoalan serius yang berdampak luas terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Seiring pertumbuhan penduduk dan pola konsumsi yang semakin meningkat, volume sampah nasional terus bertambah setiap tahun. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2023), Indonesia menghasilkan sekitar 68,5 juta ton sampah per tahun, dengan 40% di antaranya belum terkelola secara memadai. Dari jumlah tersebut, sampah plastic khususnya kemasan minuman sekali pakai menjadi penyumbang terbesar terhadap pencemaran tanah dan perairan karena sifatnya yang sulit terurai secara alami. Kondisi ini memperparah degradasi lingkungan dan berpotensi mengancam keberlanjutan ekosistem darat maupun laut.

Pendekatan konvensional yang bersifat linear, yaitu ambil, pakai, buang, perlu digantikan dengan pendekatan sirkular yang menekankan prinsip *reduce, reuse, recycle* (3R) sebagai upaya untuk meminimalkan timbulan sampah (United Nations Environment Programme, 2020). Prinsip 3R menjadi bagian integral dari gaya hidup berkelanjutan (*sustainable lifestyle*) yang sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), terutama tujuan ke-11 tentang kota berkelanjutan dan tujuan ke-12 tentang konsumsi serta produksi yang bertanggung jawab (United Nations, 2015). Melalui pendekatan ini, masyarakat tidak hanya diajak mengurangi sampah, tetapi juga memanfaatkan kembali limbah menjadi sumber daya yang bermanfaat.

Salah satu inovasi yang relevan untuk diterapkan dalam konteks pengabdian masyarakat adalah pemanfaatan sampah plastik kemasan minuman sebagai wadah budidaya tanaman dan ikan dengan sistem aquaponik. Sistem ini menggabungkan akuakultur (budidaya ikan) dan hidroponik (penanaman tanpa tanah) secara sirkular, di mana limbah ikan yang mengandung amonia diubah oleh bakteri nitrifikasi menjadi nitrat, kemudian diserap oleh tanaman sebagai sumber nutrisi. Tanaman selanjutnya membantu menyaring air agar tetap bersih untuk ikan, sehingga tercipta sistem tertutup yang efisien dan ramah lingkungan (Endut et al., 2011). Penggunaan wadah dari botol atau gelas plastik bekas bukan hanya mengurangi sampah, tetapi juga memberi solusi produktif, edukatif, dan aplikatif bagi masyarakat.

Dari sisi sosial dan ekonomi, kegiatan ini memperkuat prinsip ekonomi sirkular, yakni konsep pengelolaan sumber daya yang bertujuan mengoptimalkan nilai guna bahan dan meminimalkan limbah (Putra & Rachman, 2022). Dari sisi kebijakan, pendekatan ini mendukung target pengurangan sampah plastik nasional sebagaimana tertuang dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga (Jakstranas). Program ini juga memperkuat peran masyarakat sebagai aktor utama dalam pencapaian target pengelolaan sampah berkelanjutan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023).

Lebih lanjut, sistem aquaponik memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui pendekatan matematika terapan guna meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem. Model matematis membantu menggambarkan hubungan antara populasi ikan, kadar amonia, nitrit, nitrat, dan pertumbuhan tanaman. Studi oleh Bobak dan Kunze (2017) serta Roni dan Ali (2022) menunjukkan bahwa sistem persamaan diferensial (*ordinary differential equations*) dapat digunakan untuk memodelkan keseimbangan nutrisi, aliran air, dan pertumbuhan biomassa. Melalui model ini, dapat dihitung jumlah ikan ideal, volume air yang dibutuhkan, serta kapasitas wadah plastik bekas yang sesuai agar sistem berada dalam kondisi stabil tanpa akumulasi toksik.

Selain itu, Keesman et al. (2019) menjelaskan bahwa pendekatan matematis juga dapat membantu mengoptimalkan desain sistem, termasuk kecepatan aliran air, laju pertukaran oksigen, serta efisiensi penggunaan nutrisi tanaman. Danish et al. (2021) menambahkan bahwa model matematis mampu mendukung perancangan sistem aquaponik yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan aspek ekologi, ekonomi, dan sosial secara simultan. Pemanfaatan matematika dalam konteks ini juga menjadi sarana edukatif yang menarik karena memperkenalkan sains dan logika ilmiah ke dalam kegiatan pengabdian masyarakat (Lastiri et al., 2018).

Dengan demikian, integrasi antara pengelolaan sampah plastik, sistem aquaponik, dan pendekatan matematika terapan tidak hanya menawarkan solusi lingkungan, tetapi juga mengandung nilai edukatif yang tinggi. Program ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya gaya hidup berkelanjutan, sekaligus memberikan keterampilan praktis dalam mengelola limbah dan mengoptimalkan sumber daya. Melalui langkah sederhana seperti mengubah botol plastik bekas menjadi wadah tanaman dan ikan masyarakat dapat berkontribusi nyata dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan menciptakan masa depan yang lebih lestari.

METODE

Halaman Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan *participatory action research* (PAR), yang menekankan pada keterlibatan mitra dalam seluruh tahapan kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan mitra berperan langsung dalam proses pembelajaran, perancangan, dan penerapan sistem pengelolaan sampah berbasis *reduce, reuse, recycle* (3R) yang terintegrasi dengan sistem aquaponik (Kemmis et al., 2014).

Tahap pertama adalah identifikasi dan analisis situasi awal. Tim pengabdian melakukan survei lapangan untuk mengetahui tingkat pemahaman masyarakat terhadap pengelolaan sampah plastik dan potensi penerapannya dalam kegiatan produktif. Data diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur dengan warga setempat. Tahapan ini menjadi dasar untuk merancang kegiatan yang relevan dengan kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan sasaran.

Tahap kedua adalah pelatihan dan demonstrasi sistem aquaponik berbasis sampah plastik. Peserta dilatih memanfaatkan botol dan gelas plastik bekas kemasan minuman sebagai wadah tanaman dan media filtrasi air. Materi pelatihan meliputi konsep dasar aquaponik, pembuatan sistem sederhana, perawatan ikan dan tanaman, serta perhitungan matematis sederhana untuk menentukan volume air, jumlah ikan, dan rasio tanaman (Keesman et al., 2019). Pelatihan juga memperkenalkan aspek matematika terapan sebagai bagian dari pembelajaran berbasis sains, misalnya menghitung laju

pertumbuhan tanaman, efisiensi nutrisi, serta model sederhana pertukaran nitrogen (Roni & Ali, 2022).

Tahap ketiga adalah implementasi sistem di lingkungan masyarakat. Peserta membentuk kelompok kerja untuk membuat sistem aquaponik mandiri menggunakan bahan daur ulang. Tahap terakhir adalah evaluasi dan refleksi partisipatif. Evaluasi dilakukan dengan metode pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan serta wawancara reflektif guna menilai perubahan perilaku terhadap pengelolaan sampah. Evaluasi teknis sistem dilakukan berdasarkan parameter kualitas air (pH, suhu, kadar amonia) dan pertumbuhan tanaman serta ikan (Endut et al., 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan di lingkungan SMK Nailul Huda dengan melibatkan peserta sebanyak 20 guru dan 30 perwakilan siswa. Fokus utama kegiatan adalah sosialisasi pengolahan sampah plastik kemasan minuman menjadi karya estetis dan fungsional berupa sistem "Mathematic Aquaponik", yaitu rancangan mini-ekosistem yang memadukan keindahan seni daur ulang dengan prinsip ilmiah matematis dan ekologis.

Tahap sosialisasi dilakukan melalui penyuluhan interaktif mengenai dampak sampah plastik dan pentingnya penerapan prinsip *reduce, reuse, recycle* (3R). Peserta kemudian diperkenalkan pada konsep Mathematic Aquaponik, yang mengintegrasikan nilai estetika, teknologi sederhana, dan geometri serta perhitungan matematis dasar dalam desain sistem budidaya ikan dan tanaman. Kegiatan ini mengacu pada pendekatan edukatif yang menggabungkan sains, lingkungan, dan seni kreatif sebagaimana disarankan oleh Wahyuni (2023) bahwa pengabdian yang memadukan aspek edukatif dan estetis dapat meningkatkan daya tarik serta pemahaman masyarakat terhadap isu lingkungan.

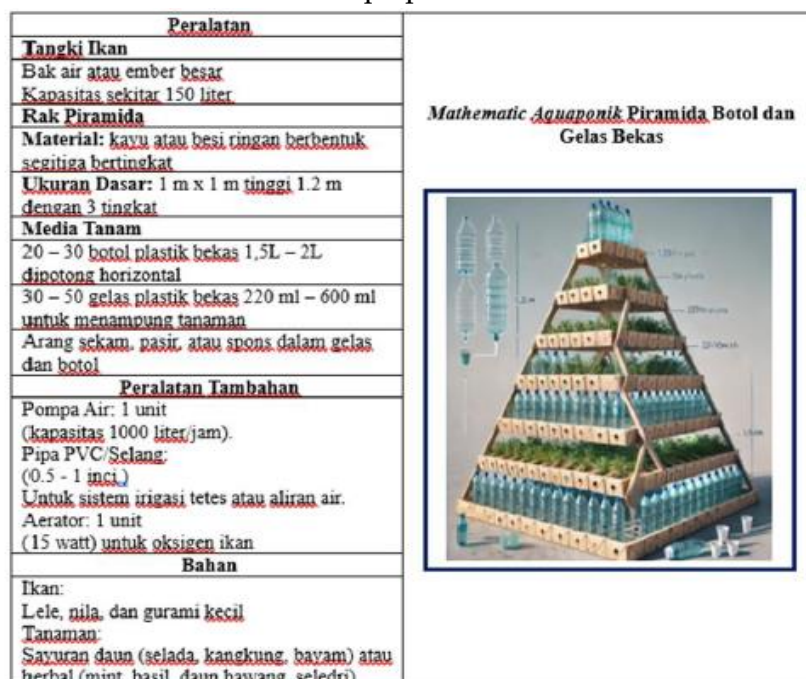
Selama kegiatan, peserta memanfaatkan botol plastik bekas 600 ml, galon air mineral rusak, dan gelas plastik minuman sebagai modul wadah tanaman dan kolam mini ikan. Botol disusun secara spiral dan vertikal, membentuk pola simetris yang dirancang menggunakan prinsip matematika geometri sederhana untuk menentukan jarak antar-botol, sudut kemiringan, dan volume air optimal. Desain ini sejalan dengan gagasan Ayubi (2022) yang menekankan pentingnya integrasi konsep matematis dalam pembelajaran kontekstual berbasis proyek (*Project-Based Learning*).

Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman dan kreativitas peserta. Berdasarkan lembar evaluasi, 92% peserta menyatakan mampu merancang ulang produk serupa dari sampah plastik dan memahami fungsi matematis dalam sistem aquaponik (rasio volume air, jumlah tanaman, debit aliran). Secara visual, karya yang dihasilkan menampilkan keindahan bentuk simetris dan keberfungsian

biologis, membuktikan bahwa sampah plastik dapat diolah menjadi produk yang estetik dan edukatif sekaligus ramah lingkungan. Berikut disajikan gambar rancangan “Mathematic Aquaponik” dari sampah.



Gambar 1. Mathematic Aquaponik dari Botol Plastik Bekas



Gambar 2. Mathematic Aquaponik dari Botol Plastik Bekas

Kegiatan ini berhasil memperlihatkan transformasi nilai guna sampah plastik dari benda sisa menjadi produk bernilai estetik, edukatif, dan ekologis. Pendekatan sosialisasi berbasis karya nyata terbukti efektif karena memberi pengalaman langsung bagi peserta dalam menghubungkan konsep matematika dan lingkungan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Siskawati (2022) yang menjelaskan bahwa integrasi konteks nyata dalam

pembelajaran meningkatkan daya ingat konseptual dan kemampuan berpikir kreatif. Dengan mengaplikasikan pembelajaran pada dunia nyata atau kehidupan sehari-hari membuat pembelajaran mendalam dikuasai serta mengantisipasi adanya tekanan karena pembelajaran menjadi mnggebirakan (Siskawati, Mahmudah, et al., 2025)

Selain itu, sistem Mathematic Aquaponik yang dirancang dari botol plastik bekas bukan hanya memperkenalkan aspek keindahan dan sains, tetapi juga mendorong pola pikir ekonomi sirkular sebagaimana ditegaskan oleh Putra dan Rachman (2022) bahwa pendekatan daur ulang kreatif mampu membangun perilaku konsumsi bertanggung jawab dan nilai ekonomi baru di tingkat rumah tangga. Dari sisi ilmiah, desain sistem memanfaatkan prinsip dasar persamaan rasio volume air ($V = \pi r^2 h$), debit aliran, serta sudut kemiringan optimal untuk memastikan nutrisi dari kolam ikan dapat tersirkulasi secara merata. Prinsip-prinsip ini merujuk pada model yang dikembangkan oleh Bobak dan Kunze (2017) serta Roni dan Ali (2022) yang memodelkan sistem aquaponik secara matematis untuk mencapai kestabilan nutrisi dan kualitas air.

Dari sisi estetika, pemanfaatan sampah plastik dalam pola geometris spiral menciptakan nilai visual yang menarik dan dapat menjadi sarana edukatif di sekolah atau taman kota (Siskawati, Alayubi, et al., 2025). Hal ini senada dengan Wahyuni (2023) yang menekankan pentingnya pendekatan visual dan seni dalam kegiatan pengabdian agar pesan lingkungan lebih mudah diterima oleh masyarakat. Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan bahwa melalui pendekatan interdisipliner yang menggabungkan matematika, seni, dan lingkungan pengelolaan sampah dapat menjadi media pendidikan berkelanjutan yang membentuk kesadaran ekologis sekaligus keterampilan kreatif masyarakat.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat berjudul “Dari Sampah Jadi Karya: Inovasi Mathematic Aquaponik untuk Ketahanan Pangan dan Gaya Hidup Berkelanjutan” telah berhasil mencapai tujuannya secara menyeluruh baik dari sisi edukatif, teknis, maupun sosial. Program ini membuktikan bahwa limbah plastik kemasan minuman dapat diolah menjadi produk bernilai guna dan bernilai estetis tinggi melalui pendekatan berbasis sains dan matematika terapan. Dari sisi edukatif, kegiatan sosialisasi dan pelatihan mampu meningkatkan kesadaran serta pemahaman peserta terhadap konsep *reduce, reuse, recycle* (3R), prinsip ekonomi sirkular, dan penerapan matematika dalam kehidupan sehari-hari. Melalui kegiatan ini tidak hanya belajar cara memanfaatkan sampah, tetapi juga memahami perhitungan sederhana seperti rasio volume air, debit aliran, dan jarak geometris dalam sistem aquaponik. Dari sisi teknis dan kreatif, hasil kegiatan menunjukkan keberhasilan pembuatan model Mathematic Aquaponik menggunakan bahan limbah plastik bekas yang berfungsi optimal sekaligus

menampilkan nilai estetika tinggi. Rancangan spiral botol plastik, kolam ikan mini, dan wadah tanaman hidroponik berhasil dirakit menjadi sistem sirkulasi air sederhana yang efisien dan menarik secara visual. Hal ini membuktikan bahwa inovasi sederhana berbasis daur ulang dapat diwujudkan secara nyata dengan hasil yang terukur.

Dari sisi sosial, kegiatan ini mendorong perubahan perilaku masyarakat menuju pola hidup berkelanjutan. Peserta menunjukkan peningkatan signifikan dalam kepedulian terhadap pengelolaan sampah plastik dan penerapan kebiasaan ramah lingkungan di rumah maupun lingkungan sekolah. Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan keberhasilan dalam mengintegrasikan pendidikan lingkungan, estetika, dan matematika terapan ke dalam aksi nyata pengelolaan sampah berbasis komunitas. Mathematic Aquaponik menjadi simbol keberlanjutan yang tidak hanya mengajarkan daur ulang, tetapi juga menanamkan nilai ilmiah, kreatif, dan ekologis bagi masyarakat. Harapannya suatu saat nanti program ini dapat direplikasi di berbagai wilayah sebagai model pengabdian masyarakat berbasis inovasi sains dan seni untuk mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Tahun 2025 yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini, serta kepada FKIP Universitas Islam Jember khususnya Program Studi Pendidikan Matematika yang selalu mensupport terlaksananya pelaksanaan kegiatan pengabdian ini. Penghargaan juga diberikan kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Islam Jember atas partisipasi aktifnya sebagai tim pelaksana dan pendamping lapangan, serta kepada guru dan siswa SMK Nailul Huda Mrawan Tapen Bondowoso atas antusiasme dan kerja samanya selama kegiatan sosialisasi, pelatihan dan pendampingan pengelolaan limbah plastik menjadi produk estetis Mathematic Aquaponik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Ayubi, Sholahudin (2022). *Penerapan pembelajaran berbasis proyek dengan integrasi matematika dalam konteks lingkungan*. Universitas Islam Jember Press.
- Bobak, C., & Kunze, H. (2017). *An inverse problem for a mathematical model of aquaponic agriculture*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/313020403>
- Danish, M. S. S., Senjyu, T., Sabory, N. R., Khosravy, M., Grilli, M. L., Mikhaylov, A., & Majidi, H. (2021). *A forefront framework for sustainable aquaponics modeling and design*. *Sustainability*, 13(16), 9313. <https://doi.org/10.3390/su13169313>

- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W. B., & Hassan, A. (2011). *A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system*. *Bioresource Technology*, 102(1), 574–580. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.027>
- Keesman, K. J., et al. (2019). *Aquaponics systems modelling*. Wageningen University and Research. <https://edepot.wur.nl/630732>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Laporan kinerja pengelolaan sampah nasional 2023*. KLHK.
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>
- Lastiri, D. R., et al. (2018). *Model-based management strategy for resource efficient aquaponics*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 71–84. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.030>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Putra, A. R., & Rachman, A. (2022). *Penguatan ekonomi sirkular melalui bank sampah di masyarakat perkotaan*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 89-97.
- Roni, E. S. M., & Ali, A. (2022). *Mathematical modelling of an aquaponics system in the presence of nitrite*. *Universiti Teknologi Malaysia*.
- Siskawati, F. S. (2022). *Pengaruh pembelajaran kontekstual terhadap kreativitas peserta didik dalam lingkungan berbasis STEM*. *Universitas Islam Jember*.
- Siskawati, F. S., Alayubi, S., & Wahyuni, E. S. (2025). *Masih Relevankah Konsep Matematika Dikolaborasikan Dengan Aquaponik Hingga Menjadi Mathematic Aquaponik ?* 10(1), 36–45.
- Siskawati, F. S., Mahmudah, M., Irawati, T. N., Susilaningtyas, T., Alayubi, S., Rohman, S., MT, A. M., & Purwandhini, A. S. (2025). *Pengembangan BATIKMATIKA Untuk Media Pembelajaran Matematika Yang Menyenangkan Dan Bermakna*. *Jurnal SIGMA*, 10(2), 125–132.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
- United Nations Environment Programme. (2020). *Waste management outlook for Asia and the Pacific*. UNEP Regional Office for Asia and the Pacific.
- Wahyuni, Endang Sri (2023). *Edukasi lingkungan berbasis estetika melalui kegiatan pengabdian masyarakat*. *Universitas Islam Jember*.
- Wahyuni, Endang Sri. (2023). *Implementasi pengabdian masyarakat berbasis seni dan sains dalam pengelolaan lingkungan berkelanjutan*. *Universitas Islam Jember*.