

INTEGRASI TEKNOLOGI BIOPORI, TANGGUL DAN HIDROPONIK SEBAGAI STRATEGI MITIGASI BANJIR DI KAWASAN PERKOTAAN: STUDI KASUS DI RT 31 KELURAHAN DAMAI, KOTA BALIKPAPAN

Oryza Lhara Sari¹, Raftonado Situmorang²,
Firlana Akbar Alfalah³, Halimatuzzahra⁴, Kennard Yudhatama⁵, Taufiq Rahman
Fadillah⁶, Aprilia Adna Cahyaningsih⁷, Kiki Ariski⁸, Zaneta Immanuela Kang⁹,

¹⁻⁴
(Teknik Sipil, JTSP, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan)

⁵⁻⁶
(Perencanaan Wilayah dan Kota, JTSP, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan)

⁷⁻⁹
(Arsitektur, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan)

*E-mail: oryza@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Kawasan RT. 31 Kelurahan Damai, Kota Balikpapan, merupakan wilayah permukiman padat dengan topografi rendah dan sistem drainase yang kurang memadai, sehingga sering mengalami genangan banjir saat curah hujan tinggi. Kondisi ini diperburuk oleh minimnya area resapan dan rendahnya kesadaran masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga. Menjawab permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengurangi risiko banjir sekaligus meningkatkan literasi lingkungan warga melalui penerapan teknologi tepat guna yang partisipatif. Strategi yang diterapkan mencakup pembuatan lubang resapan biopori, pembangunan tanggul sederhana penghalang sedimen, serta instalasi sistem hidroponik rumah tangga sebagai media edukasi dan pemanfaatan lahan sempit. Kegiatan dilaksanakan secara kolaboratif antara mahasiswa, ketua RT, dan warga, meliputi tahap survei, perancangan, pelaksanaan, hingga evaluasi lapangan. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan partisipasi masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan, penerapan biopori di sepuluh rumah warga, serta keberlanjutan praktik hidroponik secara mandiri. Melalui pendekatan ini, kegiatan pengabdian berhasil menghadirkan solusi murah, praktis, dan berkelanjutan dalam mitigasi banjir perkotaan.

Kata kunci: *biopori, hidroponik, mitigasi banjir, partisipasi masyarakat, tanggul*

Abstract

RT 31, Damai Subdistrict, Balikpapan City, is a densely populated residential area with low-lying topography and inadequate drainage systems, making it prone to frequent flooding during periods of heavy rainfall. This condition is exacerbated by limited infiltration areas and low community awareness of household waste management. To address these issues, this community service program aimed to reduce flood risk while enhancing environmental literacy among residents through a participatory appropriate technology approach. The applied strategies included the construction of biopore infiltration holes, the building of simple sediment barrier embankments, and the installation of household-scale hydroponic systems as both educational tools and small-scale land-use innovations. The program was implemented collaboratively between students, local leaders, and residents through phases of field surveys, planning, execution, and evaluation. The results showed increased community participation in maintaining environmental cleanliness, installation of biopore systems in ten households, and the independent continuation of hydroponic practices by residents. This initiative demonstrates that community-based and low-cost environmental technologies can serve as effective, practical, and sustainable flood mitigation solutions in urban areas.

Keywords: *biopore, community participation, flood mitigation, hydroponic, embankment*

1. Pendahuluan

Kawasan Jl. Al-Makmur II RT. 31, Kelurahan Damai, Kecamatan Balikpapan Kota, merupakan permukiman padat penduduk yang kerap menghadapi permasalahan banjir berulang setiap musim hujan. Genangan air sering mencapai ketinggian lutut hingga pinggang orang dewasa hanya dalam waktu singkat setelah hujan deras. Kondisi ini disebabkan oleh topografi wilayah yang rendah, sistem drainase yang kurang berfungsi optimal, serta aliran sedimen dari sungai yang berada di sekitar permukiman. Dampak banjir tidak hanya menimbulkan ketidaknyamanan fisik, tetapi juga mengganggu aktivitas sosial-ekonomi warga seperti akses transportasi, kegiatan belajar anak-anak, dan kelancaran aktivitas ekonomi rumah tangga (Maladeni dkk., 2023).

Permasalahan tersebut diperparah oleh rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan lingkungan. Masih banyak warga yang membuang sampah rumah tangga ke saluran air, menyebabkan penyumbatan drainase dan berkurangnya area resapan. Kurangnya ruang terbuka hijau dan lahan resapan memperparah limpasan permukaan saat hujan. Oleh karena itu, diperlukan intervensi yang tidak hanya bersifat teknis tetapi juga edukatif untuk meningkatkan literasi masyarakat mengenai mitigasi banjir, pengelolaan sampah, dan pemeliharaan lingkungan. Kegiatan edukatif seperti penyuluhan, pelatihan, dan praktik langsung dinilai mampu mendorong perubahan perilaku masyarakat menuju pola hidup yang lebih peduli lingkungan (Suharto, 2017; Fauzi dkk., 2022)..

Menjawab tantangan tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat ini mengintegrasikan tiga pendekatan berbasis teknologi tepat guna yang sederhana namun efektif. Pertama, penerapan teknologi biopori sebagai media resapan air sekaligus sarana pengomposan limbah organik rumah tangga, terbukti mampu meningkatkan daya serap tanah (Prayoga & Nugroho, 2018; Rahmasari dkk., 2020). Kedua, pembangunan tanggul sederhana di titik rawan aliran sedimen untuk mencegah masuknya lumpur dan pasir ke area permukiman, sejalan dengan strategi mitigasi struktural dalam pengelolaan banjir perkotaan (Ward dkk., 2021). Ketiga, penerapan sistem hidroponik rumah tangga sebagai media pembelajaran pertanian berkelanjutan dan upaya pemanfaatan lahan sempit di wilayah padat penduduk (Putra & Yuliana, 2019). Integrasi ketiga pendekatan ini tidak hanya berorientasi pada penanganan teknis banjir, tetapi juga pada peningkatan kesadaran dan pemberdayaan masyarakat untuk menjaga lingkungan secara mandiri dan berkelanjutan (Khotimah dkk., 2022; Wahyudi dkk., 2008).

2. Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini menggunakan pendekatan partisipatif dan kolaboratif berbasis community-based development. Pendekatan ini menempatkan masyarakat sebagai mitra utama, bukan sekadar penerima manfaat, sehingga setiap tahapan kegiatan dilakukan bersama antara tim mahasiswa, dosen pembimbing, dan warga setempat. Kegiatan dilaksanakan selama 16 minggu (Maret–Juni 2025) di kawasan Jl. Al-Makmur II RT. 31, Kelurahan Damai, Kecamatan Balikpapan Kota, yang merupakan permukiman padat dan rawan banjir. Tim pelaksana terdiri dari sembilan mahasiswa lintas disiplin—Teknik Sipil, Arsitektur, dan Perencanaan Wilayah dan Kota—dengan satu dosen pembimbing lapangan dari Institut Teknologi Kalimantan. Kolaborasi lintas disiplin ini memperkuat integrasi aspek teknis, spasial, sosial, dan edukatif dalam pelaksanaan program.

2.1 Identifikasi dan Survei Lapangan

Tahapan awal kegiatan difokuskan pada identifikasi permasalahan lingkungan melalui survei langsung ke lokasi sasaran. Survei dilakukan bersama Ketua RT 31, tokoh masyarakat, dan perwakilan warga, melibatkan observasi terhadap kondisi saluran drainase, area tergenang, serta jalur masuk sedimen dari sungai (Maryono, 2017). Selain observasi visual, tim juga melakukan wawancara singkat untuk menggali informasi tentang kebiasaan warga dalam mengelola sampah, pemahaman terhadap fungsi area resapan, dan dampak sosial banjir terhadap aktivitas ekonomi dan pendidikan (Chambers, 1997; Kurniasari & Rahayu, 2020). Hasil survei menunjukkan bahwa banjir kerap menghambat mobilitas dan kegiatan ekonomi warga, serta sebagian besar masyarakat belum memahami cara pembuatan lubang biopori maupun pemanfaatan sistem hidroponik sederhana. Data tersebut menjadi dasar penyusunan program berbasis teknologi tepat guna yang berorientasi pada peningkatan kapasitas, kesadaran, dan literasi lingkungan masyarakat (Fauzi dkk., 2022).

2.2 Perancangan Program Biopori, Tanggul, dan Hidroponik

Tahapan berikutnya adalah perancangan program yang disusun melalui kegiatan Focus Group Discussion (FGD) dengan melibatkan Ketua RT dan perwakilan warga. Tujuannya adalah memastikan bahwa setiap intervensi sesuai dengan kebutuhan nyata masyarakat serta mempertimbangkan kondisi teknis lapangan. Berdasarkan hasil FGD, disepakati tiga fokus utama kegiatan, yaitu:

- a. Lubang Resapan Biopori, sebagai solusi pengurangan genangan dan media pengolahan sampah organik rumah tangga. Teknologi ini efektif dalam meningkatkan daya serap tanah serta mengurangi beban saluran drainase (Prayoga & Nugroho, 2018; Rahmasari dkk., 2020).
- b. Tanggul Sederhana Penahan Sedimen, yang dibangun menggunakan campuran semen, pasir, air, dan lapisan batu pecah. Struktur tanggul diposisikan pada jalur masuk sedimen sungai guna mencegah masuknya lumpur ke permukiman, sesuai konsep mitigasi struktural banjir (Ward dkk., 2021).
- c. Sistem Hidroponik Rumah Tangga, menggunakan rak kayu dan botol plastik bekas sebagai media tanam untuk tanaman konsumsi harian seperti kangkung dan sawi. Selain menjadi media edukasi lingkungan, sistem ini mendukung pemanfaatan lahan sempit serta ketahanan pangan lokal (Putra & Yuliana, 2019; Nugroho dkk., 2021).

Rancangan kegiatan ini menggabungkan aspek teknis, edukatif, dan keberlanjutan sehingga masyarakat dapat melanjutkannya secara mandiri setelah program berakhir.

2.3. Implementasi Program Fisik dan Non-Fisik

Kegiatan implementasi dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu fisik dan non-fisik.

a. Kegiatan Fisik

1. Pembuatan Lubang Biopori: dilakukan di rumah warga terpilih berdasarkan hasil survei. Lubang dibuat menggunakan pipa PVC berdiameter 3 inci dengan kedalaman $\pm 50\text{--}60$ cm, berfungsi sebagai media resapan air hujan dan pengomposan limbah organik rumah tangga.
2. Pembangunan Tanggul Darurat: dilaksanakan secara gotong royong oleh mahasiswa dan warga, menggunakan karung pasir serta adukan semen untuk memperkuat struktur. Tanggul ini berfungsi menahan sedimen dan aliran air yang dapat menyebabkan banjir di area sekitar permukiman.
3. Instalasi Sistem Hidroponik: dirancang sebagai percontohan rumah tangga dengan memanfaatkan pekarangan warga. Rak kayu dan botol bekas dijadikan wadah tanam untuk bibit sayuran, pupuk cair, dan media tanam sederhana.

b. Kegiatan Non-Fisik

Meliputi penyuluhan lingkungan dan pelatihan praktis yang dilaksanakan dalam forum warga. Kegiatan dilakukan secara interaktif, mendorong warga berdiskusi dan menyusun langkah tindak lanjut. Materi utama meliputi pengelolaan sampah organik, pemeliharaan biopori, dan pengembangan hidroponik rumah tangga. Pendekatan ini diharapkan memperkuat rasa kepemilikan (sense of ownership) masyarakat terhadap program (Chambers, 1997; Fauzi dkk., 2022).

2.4. Evaluasi dan Serah Terima Hasil Kegiatan

Evaluasi dilakukan pada akhir program melalui observasi lapangan dan wawancara terhadap warga penerima manfaat. Indikator keberhasilan meliputi:

- a. Berkurangnya genangan air pascahujan di area biopori dan tanggul.
- b. Peningkatan partisipasi warga dalam kerja bakti lingkungan.
- c. Adanya upaya warga untuk melanjutkan praktik hidroponik secara mandiri.

Selain evaluasi kualitatif, tim juga melakukan dokumentasi berupa laporan kegiatan, foto lapangan, dan video aftermovie sebagai media diseminasi hasil. Serah terima hasil program dilakukan secara simbolis bersama Ketua RT 31, menandai berakhirnya kegiatan sekaligus komitmen keberlanjutan program.

3. Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan oleh Kelompok KKN T4 Institut Teknologi Kalimantan di RT. 31, Kelurahan Damai, Kota Balikpapan, menghasilkan luaran yang berdampak langsung pada perbaikan kondisi fisik lingkungan serta peningkatan keterlibatan sosial masyarakat. Program ini mengintegrasikan pendekatan teknis dan partisipatif yang difokuskan pada tiga bentuk intervensi utama, yaitu:

- (1) pembuatan lubang resapan biopori,
- (2) pembangunan tanggul sederhana penahan sedimen, dan
- (3) instalasi sistem hidroponik rumah tangga.

Ketiga intervensi tersebut dirancang sebagai solusi nyata untuk mengurangi risiko banjir sekaligus memperkuat kesadaran warga terhadap pengelolaan lingkungan mandiri dan

3.1 Dampak Fisik

Dari sisi infrastruktur fisik, program ini berhasil memberikan kontribusi nyata terhadap perbaikan lingkungan dan penurunan risiko genangan. Sebanyak 30 lubang biopori dipasang di titik-titik strategis yang telah diidentifikasi melalui survei awal, terutama di pekarangan rumah warga yang paling sering tergenang air. Salah satu lokasi utama pemasangan adalah rumah Ketua RT 31, karena letaknya berdekatan dengan jalur aliran air permukaan.

Lubang biopori dibuat menggunakan pipa PVC berdiameter 3 inci dengan kedalaman ± 60 cm, kemudian diisi dengan sampah organik rumah tangga. Teknologi sederhana ini berfungsi ganda: meningkatkan daya serap tanah sekaligus mengolah limbah organik menjadi kompos alami (Prayoga & Nugroho, 2018; Rahmasari dkk., 2020). Hasil observasi setelah hujan menunjukkan bahwa area sekitar biopori mengalami penurunan genangan air lebih cepat dibandingkan sebelumnya.

Selain itu, pembangunan tanggul sederhana berbahan semen, pasir, dan batu belah berhasil dilakukan secara gotong royong oleh lebih dari 30 warga. Tanggul ini berfungsi sebagai penghalang sedimen agar lumpur dan pasir dari sungai tidak masuk ke saluran drainase maupun halaman rumah. Struktur tanggul diposisikan di jalur aliran air dan diperkuat dengan lapisan batu belah hasil swadaya masyarakat. Upaya ini terbukti efektif dalam menahan material sedimen dan mempercepat proses pemulihan lingkungan setelah banjir (Ward dkk., 2021).

Intervensi teknis terakhir adalah penerapan sistem hidroponik sederhana sebagai bentuk pertanian rumah tangga ramah lingkungan. Instalasi ini dibangun di pekarangan warga dengan memanfaatkan botol plastik bekas, rak kayu, media tanam, dan pupuk cair. Sistem hidroponik berfungsi ganda: sebagai sarana pembelajaran pertanian berkelanjutan dan sebagai bentuk ketahanan pangan rumah tangga di wilayah dengan keterbatasan lahan (Putra & Yuliana, 2019; Nugroho dkk., 2021).

Secara keseluruhan, intervensi ini memperlihatkan sinergi antara pendekatan struktural (biopori dan tanggul) dan non-struktural (hidroponik dan edukasi), yang bersama-sama membangun ketahanan lingkungan sekaligus memperkuat literasi masyarakat dalam mitigasi banjir..

3.2 Peningkatan Partisipasi Masyarakat

Tingkat partisipasi warga menjadi faktor penting keberhasilan kegiatan pengabdian ini. Sejak tahap awal, masyarakat menunjukkan antusiasme tinggi terhadap rencana program yang disampaikan oleh tim KKN. Pada kegiatan pembukaan (opening), warga hadir secara sukarela dan aktif berdiskusi mengenai rencana pelaksanaan kegiatan.

Partisipasi warga tidak hanya sebatas dalam rapat, tetapi juga tampak nyata dalam pelaksanaan kegiatan fisik, terutama pembangunan tanggul dan pemasangan biopori. Sekitar 30 warga terlibat langsung dalam proses kerja bakti mulai dari pengangkutan bahan, pencampuran semen, hingga pembentukan struktur tanggul. Gotong royong ini memperkuat rasa memiliki (sense of ownership) terhadap hasil kegiatan, yang menjadi kunci keberlanjutan program (Fauzi dkk., 2022; Wahyudi dkk., 2008).

Keberhasilan pelibatan masyarakat juga tidak lepas dari peran aktif Ketua RT 31, Bapak Alla, yang berfungsi sebagai penghubung antara tim KKN dan warga. Beliau berperan penting dalam memotivasi masyarakat untuk berpartisipasi serta memastikan koordinasi berjalan lancar. Kepemimpinan lokal yang kuat seperti ini menjadi faktor penentu keberhasilan model community-based environmental management di kawasan perkotaan (Maryono, 2017; Kurniasari & Rahayu, 2020).

Melalui kegiatan partisipatif ini, terjadi peningkatan kesadaran warga terhadap pentingnya menjaga kebersihan saluran drainase, memilah sampah organik, dan memanfaatkan biopori sebagai media pengomposan alami. Warga juga menunjukkan minat untuk melanjutkan kegiatan hidroponik di rumah masing-masing.

3.3 Pembahasan Hasil dan Keterkaitannya dengan Literatur

Hasil kegiatan ini memperkuat sejumlah temuan dalam literatur terkait pengelolaan lingkungan berbasis komunitas dan teknologi sederhana. Wahyudi dkk. (2008) menegaskan bahwa lubang biopori merupakan teknologi tepat guna yang efektif dalam meningkatkan daya serap tanah terhadap air hujan sekaligus mengolah sampah organik. Implementasi biopori di RT 31 membuktikan bahwa teknologi ini dapat diadaptasi dengan mudah pada lingkungan permukiman padat dengan hasil yang signifikan.

Khotimah dkk. (2022) menjelaskan bahwa keberhasilan penerapan biopori sangat dipengaruhi oleh tingkat partisipasi masyarakat dan lokasi strategis pemasangan. Kondisi ini tercermin pada program KKN T4 yang melibatkan masyarakat sejak tahap perencanaan hingga pelaksanaan.

Pembangunan tanggul berbahan lokal seperti karung pasir dan batu belah, sebagaimana dilakukan di lokasi kegiatan, juga selaras dengan hasil penelitian Maladeni dkk. (2023) dan Hutapea dkk. (2021) yang menunjukkan bahwa pendekatan konstruksi sederhana berbasis swadaya efektif menahan aliran sedimen dan mencegah banjir skala rumah tangga.

Sementara itu, integrasi sistem hidroponik sederhana memperkuat aspek keberlanjutan lingkungan. Menurut Merta dkk. (2022), hidroponik merupakan bentuk inovasi pertanian urban yang hemat lahan dan relevan diterapkan di kawasan padat penduduk. Program ini juga mendukung peningkatan ketahanan pangan rumah tangga sebagaimana dibuktikan dalam studi Sari dkk. (2020), yang menunjukkan bahwa praktik hidroponik di masyarakat mampu meningkatkan kesadaran akan gaya hidup sehat dan ramah lingkungan.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya memberikan manfaat teknis melalui pengurangan genangan dan penguatan struktur lingkungan, tetapi juga mendorong perubahan sosial berupa peningkatan kesadaran, kepemimpinan lokal, serta partisipasi aktif masyarakat dalam menjaga keberlanjutan lingkungan perkotaan..



Gambar 1. Dokumentasi Setelah Rapat dengan Ketua RT 31
Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025



Gambar 2. Dokumentasi Hasil Survei Lokasi Daerah RT 31
Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025

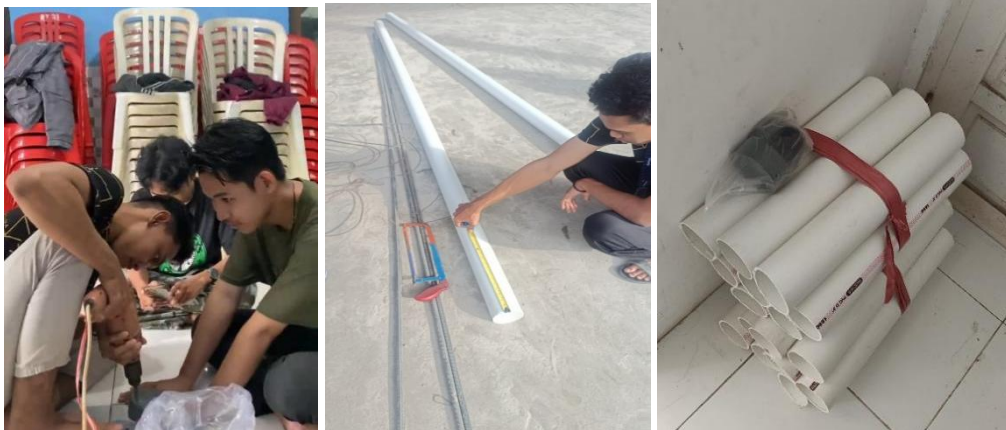


Gambar 3. Dokumentasi Pembukaan KKN T4
Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025



Gambar 4. Dokumentasi Kerja Bakti Pembuatan Tanggul Sungai

Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025



Gambar 5. Dokumentasi Pembuatan Pipa Biopori

Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025



Gambar 6. Dokumentasi Penanaman Biopori

Sumber: Olahan Penulis, 2025



Gambar 7. Dokumentasi Hasil Penanaman Biopori & Hidroponic

Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025



Gambar 8. Dokumentasi Hasil Pembuatan Tanggul Rt 31

Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025



Gambar 9. Dokumentasi Penutupan Tim KKN T4

Sumber: Tim KKN T4 ITK, 2025

4. Kesimpulan

Program pengabdian masyarakat yang dilaksanakan oleh KKN T4 Institut Teknologi Kalimantan di RT. 31, Kelurahan Damai, Kota Balikpapan, berhasil menghadirkan solusi nyata terhadap permasalahan banjir di kawasan permukiman padat. Melalui intervensi teknis berupa pemasangan 30 lubang biopori, pembangunan tanggul sederhana dari semen, pasir, dan batu belah, serta instalasi sistem hidroponik rumah tangga, kegiatan ini tidak hanya memperbaiki kondisi fisik lingkungan, tetapi juga memperkenalkan praktik ramah lingkungan dan ketahanan pangan berbasis rumah tangga. Keberhasilan program ini ditopang oleh tingginya partisipasi masyarakat serta peran strategis Ketua RT 31 sebagai penggerak dan penghubung antara tim pelaksana dan warga. Partisipasi aktif warga dalam seluruh tahapan kegiatan menumbuhkan rasa memiliki (*sense of ownership*) dan memperkuat kesadaran kolektif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan. Dari sisi sosial, kegiatan ini berkontribusi dalam peningkatan literasi lingkungan, kolaborasi komunitas, dan transfer pengetahuan dari kampus kepada masyarakat. Hasilnya menunjukkan bahwa sinergi antara pendekatan teknis dan edukatif mampu menciptakan perubahan perilaku serta memperkuat kapasitas masyarakat untuk beradaptasi terhadap risiko banjir. Sejalan dengan konsep *community-based development* kegiatan ini dapat menjadi model praktik baik (*best practice*) yang berpotensi direplikasi pada kawasan perkotaan lain dengan karakteristik dan permasalahan serupa, guna mendukung terwujudnya lingkungan perkotaan yang lebih adaptif, resilien, dan berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Arifin, Z., Nugroho, H., & Wulandari, S. (2020). The role of local leaders in strengthening community-based disaster management. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 4(2), 95–108.
- Chambers, R. (1994). Participatory Rural Appraisal (PRA): Analysis of experience. *World Development*, 22(9), 1253–1268.
- Fauzi, R., Santosa, H., & Puspitasari, D. (2022). Community-based environmental management in urban areas: A participatory approach for sustainability. *Journal of Environmental Management*, 305, 114325.
- Hutapea, J., Simanjuntak, F., & Lumbantoruan, H. (2021). Community-based flood control using local materials in residential areas. *Journal of Disaster Research*, 16(4), 255–264.
- Khotimah, K., Syafrudin, S., & Hadi, S. (2022). Community empowerment through environmental education in flood-prone areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 985, 012043.
- Kurniasari, R., & Rahayu, S. (2020). Participatory rural appraisal dalam pengelolaan lingkungan berbasis masyarakat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 87–96.
- Maladeni, R., Gunawan, B., & Setiawan, I. (2023). Effectiveness of temporary embankments in reducing sediment flow in flood-prone settlements. *Environmental Engineering Journal*, 12(2), 88–97.
- Maryono, A. (2017). *Mitigasi Banjir Perkotaan: Konsep, Strategi, dan Implementasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Merta, I. G., Pradnyana, P., & Astuti, K. (2022). Hydroponics as sustainable urban farming innovation in limited land areas. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment*, 20(1), 44–53.

- Nugroho, A., Fitriani, R., & Hartono, B. (2021). Urban farming development through hydroponic technology in limited land settlements. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 890, 012045.
- Prayoga, H., & Nugroho, S. P. (2018). The effectiveness of biopore infiltration holes in increasing soil absorption and reducing household organic waste. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 2(2), 133–142.
- Putra, A., & Yuliana, I. (2019). Hydroponic systems as an alternative for urban household food security. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(1), 45–56.
- Rahmawati, N., Hidayat, A., & Pratiwi, D. (2019). Community leadership and local participation in sustainable environmental management. *Journal of Regional and City Planning*, 30(3), 210–223.
- Rahmasari, N., Widodo, D., & Kurniawan, A. (2020). Application of biopore infiltration technology in flood-prone urban settlements. *Journal of Green Technology*, 5(3), 77–84.
- Sari, N., Hartati, L., & Dewi, R. (2020). Hydroponic cultivation as community service approach for healthy living and environmental awareness. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 115–123.
- Sutrisno, E., & Santosa, B. (2018). Community-based development approach in environmental management. *Jurnal Sosial Humaniora*, 9(1), 55–66.
- Wahyudi, A., Subekti, H., & Pramono, R. (2008). Community-based disaster risk reduction in Indonesia: Lessons learned from flood management. *Disaster Prevention and Management*, 17(3), 341–356.
- Ward, P. J., Pauw, W. P., van Buuren, M. W., & Marfai, M. A. (2021). Flood risk management strategies in urban environments. *Environmental Science & Policy*, 120, 94–103.