

Palembang BELAGAK: Pengembangan Model Kolaboratif Pengelolaan Sampah Sungai Musi Berbasis Ekonomi Sirkular

Ira Maya Sari¹, Maya Ulpa², Olivia Handana Putri³, Rahmi Hidayati^{4*}, Ivonne Setiawati⁵

^{1,2,3} PT PLN Indonesia Power UP Keramasan

⁴ Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

⁵ Pengelola Program Kebun Buddhi

* e-mail: rahmi.hidayati@untirta.ac.id

Abstract / Abstrak

Urban river waste management requires an integrated approach that combines pollution control, community participation, and resource recovery. This study aims to analyze the development of Palembang BELAGAK (Bersama Lawan Sampah untuk Lingkungan dan Berkelanjutan) as a collaborative circular economy-based environmental management model for the Musi River in Indonesia. A descriptive qualitative approach with a case study design was employed to examine the program developed by PT PLN Indonesia Power UP Keramasan in Palembang. The analysis drew on program documentation and descriptive thematic analysis across environmental, social, and economic dimensions. The findings identify three components: MUSI TRAP for capturing river waste, the Musi River Clean-Up initiative for environmental restoration and community engagement, and BIOREN for wastewater treatment and potential water reuse. Their integration establishes a framework connecting technical interventions, multi-stakeholder collaboration, and opportunities for resource recovery and value creation. However, the effectiveness of waste reduction, water quality improvement, and economic benefits could not be conclusively established because quantitative performance data were unavailable. This study contributes an integrated framework for collaborative urban river environmental management based on circular economy principles. Further empirical evaluation is required to assess the model's effectiveness, long-term sustainability, and potential applicability to other urban river environments.

Permasalahan sampah sungai perkotaan memerlukan pendekatan pengelolaan terpadu yang menghubungkan pengendalian pencemaran, partisipasi masyarakat, dan pemanfaatan kembali sumber daya. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengembangan Palembang BELAGAK (Bersama Lawan Sampah untuk Lingkungan dan Berkelanjutan) sebagai model kolaboratif pengelolaan lingkungan Sungai Musi berbasis ekonomi sirkular. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus pada program yang dikembangkan PT PLN Indonesia Power UP Keramasan di Kota Palembang. Analisis dilakukan melalui penelaahan dokumentasi program dan analisis deskriptif-tematik berdasarkan dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi. Hasil analisis mengidentifikasi tiga komponen utama, yaitu MUSI TRAP sebagai mekanisme penangkapan sampah, Clean Up Sungai Musi sebagai kegiatan pembersihan lingkungan dan pelibatan masyarakat, serta BIOREN sebagai komponen pengolahan air limbah untuk mendukung pemanfaatan kembali sumber daya air. Integrasi tersebut membentuk kerangka pengelolaan yang menghubungkan intervensi teknis, kolaborasi multipihak, dan potensi penciptaan nilai. Namun, efektivitas pengurangan sampah, peningkatan kualitas air, dan manfaat ekonomi belum dapat dipastikan karena keterbatasan data pengukuran. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa kerangka integratif pengelolaan lingkungan sungai perkotaan berbasis ekonomi sirkular. Evaluasi empiris lebih lanjut diperlukan untuk menilai efektivitas, keberlanjutan, dan potensi replikasi model pada wilayah lain.

Keywords / Kata kunci

Circular Economy; Multi-Stakeholder Collaboration; MUSI TRAP; Palembang BELAGAK; River Waste Management

Ekonomi Sirkular; Kolaborasi Multipihak; MUSI TRAP; Palembang BELAGAK; Pengelolaan Sampah Sungai.

Article Info

Received: Agustus 29, 2026

Accepted: September 02, 2026

Published: September 29, 2026

Copyright © 2026 The Author(s). Published by Suwaib Amiruddin Foundation, Indonesia.

This is an Open Access article under the CC BY 4.0 license

Pendahuluan

Sungai merupakan komponen penting dalam keberlanjutan lingkungan perkotaan karena memiliki fungsi ekologis,

sosial, dan ekonomi yang saling berkaitan. Selain berperan dalam sistem hidrologi, sungai mendukung aktivitas transportasi, perdagangan, permukiman, dan kehidupan

masyarakat di sekitarnya. Di Kota Palembang, Sungai Musi memiliki kedudukan strategis sebagai identitas wilayah sekaligus ruang aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. Namun, pertumbuhan aktivitas perkotaan juga meningkatkan tekanan terhadap ekosistem sungai, terutama melalui masuknya sampah rumah tangga, plastik, dan berbagai material anorganik yang berpotensi mengganggu kualitas lingkungan perairan. Gallitelli et al. (2024) menunjukkan bahwa sampah plastik berukuran besar dapat terakumulasi di berbagai bagian aliran sungai, termasuk kawasan vegetasi riparian yang berfungsi sebagai perangkap alami material sampah. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa permasalahan pencemaran sungai tidak hanya berkaitan dengan pembuangan sampah, tetapi juga dengan pola pergerakan, penumpukan, dan pengelolaan material di sepanjang ekosistem perairan.

Permasalahan sampah sungai memiliki karakteristik yang kompleks karena material pencemar berasal dari beragam aktivitas dan dapat berpindah mengikuti aliran air. Penelitian Uogintė et al. (2024) pada kawasan sungai di Lithuania menunjukkan bahwa komposisi sampah di sempadan sungai didominasi oleh material plastik dan puntung rokok, yang berkaitan dengan aktivitas manusia di kawasan tersebut. Temuan Dittmann et al. (2024) melalui pemantauan partisipatif selama tujuh tahun di Jerman juga memperlihatkan bahwa akumulasi sampah sungai merupakan persoalan lingkungan yang berlangsung secara berkelanjutan dan memerlukan pengawasan jangka panjang. Kedua penelitian tersebut menegaskan pentingnya memahami jenis, sumber, dan karakteristik sampah sebagai dasar penentuan strategi pengelolaan. Dalam konteks Sungai Musi, pendekatan serupa menjadi relevan karena pengelolaan sampah tidak cukup dilakukan melalui pembersihan sesaat, tetapi membutuhkan upaya pencegahan, pengendalian, dan pemantauan yang berkesinambungan.

Pengelolaan sampah sungai selama ini sering berorientasi pada pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan material yang telah menjadi limbah. Pendekatan tersebut memiliki keterbatasan karena sampah yang telah dibersihkan dapat kembali terakumulasi apabila sumber timbulan dan perilaku pembuangannya tidak ditangani. Tanaka et al. (2024) melalui penelitian

terhadap 109 daerah aliran sungai di Jepang, menunjukkan bahwa kegiatan pembersihan mampu mengumpulkan sampah plastik dalam jumlah besar, tetapi volume pemulihannya masih jauh lebih kecil dibandingkan estimasi pelepasan sampah plastik dari daratan. Temuan tersebut menunjukkan perlunya intervensi yang menggabungkan pencegahan sampah dari sumbernya dan pengendalian material yang telah memasuki badan sungai. Dalam kerangka ekonomi sirkular, pengelolaan sampah tidak lagi terbatas pada pemindahan material dari lingkungan menuju tempat pembuangan, melainkan diarahkan pada pengurangan timbulan, pemilahan, pemanfaatan kembali, dan pemulihan nilai sumber daya.

Perkembangan teknologi penangkapan sampah sungai memberikan peluang untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan material sebelum menyebar ke wilayah perairan yang lebih luas. Lauer et al., (2025) menunjukkan bahwa penggunaan perangkat penangkap sampah (*trash traps*) yang dikombinasikan dengan pemantauan partisipatif dapat membantu mengidentifikasi jenis dan jumlah material pencemar sekaligus menyediakan informasi mengenai sumber sampah sungai. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa infrastruktur penangkapan tidak hanya berfungsi sebagai alat pengumpulan, tetapi juga dapat dimanfaatkan untuk mendukung pengukuran dan evaluasi pengelolaan sampah. Dalam pengembangan Palembang BELAGAK, pendekatan tersebut memiliki keterkaitan dengan MUSI TRAP sebagai komponen penangkapan sampah yang terbawa aliran Sungai Musi. Namun, keberhasilan penangkapan perlu ditindaklanjuti melalui pemilahan dan pengelolaan material agar sampah yang dikumpulkan tidak sekadar berpindah lokasi tanpa memperoleh penanganan lebih lanjut.

Selain intervensi teknis, keberhasilan pengelolaan sampah sungai dipengaruhi oleh keterlibatan masyarakat dalam pencegahan, pengumpulan, pemilahan, dan pemanfaatan material. Praptiwi et al. (2025) mengembangkan pendekatan *citizen science* bersama masyarakat pulau kecil di Indonesia untuk memantau sampah plastik dan mengidentifikasi peluang pemanfaatan material yang masih memiliki nilai ekonomi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa masyarakat dapat berperan sebagai pelaksana pemantauan lingkungan, bukan hanya

penerima manfaat program. Sejalan dengan itu, Haribowo et al., (2025) menekankan pentingnya klasifikasi sampah plastik dalam kegiatan pembersihan sungai berbasis masyarakat untuk mendukung pengelolaan material dan pemulihan kualitas lingkungan. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa partisipasi masyarakat menjadi lebih bermakna apabila dikaitkan dengan kegiatan yang terorganisasi, pencatatan hasil, serta tindak lanjut terhadap sampah yang berhasil dikumpulkan.

Dalam perspektif sosial, keberlanjutan program lingkungan juga memerlukan komunikasi dan hubungan kerja sama yang efektif antarpemangku kepentingan. Zaenudin & Van Den Akker, (2025) menunjukkan bahwa komunikasi yang berlangsung secara langsung dan terkoordinasi memiliki hubungan positif dengan keterlibatan masyarakat dalam kegiatan pengelolaan sampah plastik di wilayah sungai Jawa Barat. Sementara itu, Pambudi et al., (2025) menemukan bahwa partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah plastik berbasis ekonomi sirkular dipengaruhi oleh keterkaitan antara dimensi sosial, ekonomi, lingkungan, kelembagaan, dan teknis. Temuan kedua penelitian tersebut memperlihatkan bahwa keberhasilan pengelolaan sampah tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan infrastruktur, tetapi juga oleh kemampuan membangun koordinasi, pembagian peran, dan keterlibatan masyarakat dalam sistem pengelolaan yang berkelanjutan.

Pengembangan ekonomi sirkular pada pengelolaan sampah sungai juga memerlukan keterkaitan antara intervensi lingkungan dan perubahan perilaku masyarakat. Davies et al., (2026) menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan melalui *citizen science* dapat digunakan untuk mengevaluasi kebijakan dan inisiatif pengurangan sampah plastik sekali pakai. Pendekatan ini menekankan pentingnya pengukuran hasil sebagai dasar evaluasi program lingkungan. Meskipun penelitian tentang penangkapan sampah, kegiatan pembersihan, partisipasi masyarakat, dan pemulihan material telah berkembang, kajian-kajian tersebut umumnya menempatkan masing-masing intervensi sebagai fokus analisis tersendiri. Pengintegrasian infrastruktur penangkapan sampah, gerakan sosial pembersihan sungai, dan pengolahan air limbah dalam satu kerangka pengelolaan

berbasis ekonomi sirkular masih memerlukan pengkajian yang lebih mendalam, terutama terkait hubungan antarkomponen, pembagian peran kelembagaan, dan mekanisme penciptaan manfaat lingkungan serta sosial pada konteks sungai perkotaan di Indonesia.

Menanggapi kebutuhan tersebut, PT PLN Indonesia Power UP Keramasan mengembangkan Palembang BELAGAK (*Bersama Lawan Sampah untuk Lingkungan dan Berkelanjutan*) sebagai pendekatan kolaboratif dalam pengelolaan lingkungan Sungai Musi. Program ini mengintegrasikan MUSI TRAP sebagai mekanisme penangkapan sampah, Clean Up Sungai Musi sebagai kegiatan kolektif pembersihan lingkungan dan pelibatan masyarakat, serta BIOREN (*Bio Reactor Environmental Solution*) sebagai komponen pengolahan air limbah yang diarahkan untuk menghasilkan air dengan kualitas sesuai kebutuhan pemanfaatan tertentu. Ketiga komponen tersebut ditempatkan dalam kerangka pengelolaan yang menghubungkan intervensi fisik, partisipasi sosial, dan pemanfaatan sumber daya. Melalui pendekatan ini, pengelolaan lingkungan sungai dipahami bukan sebagai rangkaian kegiatan yang berdiri sendiri, melainkan sebagai sistem yang memerlukan keterhubungan antarkegiatan dan antarpemangku kepentingan.

Pengintegrasian komponen tersebut membuka ruang untuk menelaah bagaimana perusahaan, pemerintah, komunitas, dan masyarakat dapat berkontribusi dalam pengelolaan sampah sungai perkotaan. MUSI TRAP berhubungan dengan upaya pengendalian sampah yang telah memasuki badan sungai, sedangkan Clean Up Sungai Musi berhubungan dengan pemulihan lingkungan dan penguatan partisipasi masyarakat. BIOREN melengkapi kerangka tersebut melalui aspek pengolahan air limbah, yang perlu dibedakan secara teknis dari pengelolaan sampah padat. Dalam perspektif ekonomi sirkular, keterkaitan ketiga komponen tersebut memberikan dasar untuk mengembangkan pengelolaan sumber daya yang lebih terpadu. Namun, efektivitas integrasi program tetap perlu dinilai berdasarkan proses pelaksanaan, keterlibatan para pihak, serta indikator lingkungan dan sosial yang dapat diverifikasi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengembangan Palembang BELAGAK sebagai model kolaboratif pengelolaan

lingkungan Sungai Musi berbasis ekonomi sirkular. Analisis difokuskan pada hubungan antara MUSI TRAP, Clean Up Sungai Musi, dan BIOREN; peran pemangku kepentingan; serta keterkaitan komponen program dengan prinsip pengurangan sampah, pemulihan lingkungan, dan pemanfaatan sumber daya. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan kerangka analitis yang menjelaskan integrasi intervensi teknis dan sosial dalam pengelolaan sampah sungai perkotaan sekaligus memberikan dasar bagi evaluasi dan pengembangan program serupa pada wilayah lain yang memiliki karakteristik permasalahan lingkungan sebanding.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan desain studi kasus untuk menganalisis pengembangan Palembang BELAGAK (*Bersama Lawan Sampah untuk Lingkungan dan Berkelanjutan*) sebagai model kolaboratif pengelolaan sampah Sungai Musi berbasis ekonomi sirkular. Pendekatan ini dipilih untuk memahami keterkaitan antara intervensi teknis, pelibatan masyarakat, dan tata kelola multipihak dalam pengelolaan lingkungan sungai perkotaan. Penelitian berfokus pada program yang dikembangkan oleh PT PLN Indonesia Power UP Keramasan di Kota Palembang, Sumatera Selatan. Unit analisis penelitian mencakup tiga komponen utama, yaitu MUSI TRAP sebagai mekanisme penangkapan sampah sungai, Clean Up Sungai Musi sebagai kegiatan pembersihan lingkungan dan pelibatan masyarakat, serta BIOREN (*Bio Reactor Environmental Solution*) sebagai komponen pengolahan air limbah. Ketiga komponen tersebut dianalisis berdasarkan fungsi, keterkaitan, dan kontribusinya terhadap kerangka pengelolaan lingkungan berbasis ekonomi sirkular.

Sumber data penelitian difokuskan pada dokumentasi program dan informasi mengenai perencanaan, pelaksanaan, serta pengembangan Palembang BELAGAK. Data yang relevan meliputi dokumen kegiatan, deskripsi teknis masing-masing komponen, dokumentasi pelaksanaan, dan informasi mengenai keterlibatan pemangku kepentingan. Penelaahan dilakukan untuk mengidentifikasi tujuan intervensi, mekanisme pengelolaan sampah, pembagian peran, serta bentuk pemanfaatan sumber daya yang dikembangkan melalui program. Informasi mengenai pemerintah, perusahaan,

komunitas, kelompok pengelola sampah, dan masyarakat digunakan untuk memetakan hubungan kelembagaan dalam kerangka kolaborasi. Penelitian membedakan antara kegiatan yang telah terdokumentasi, mekanisme yang masih direncanakan, dan manfaat yang bersifat potensial agar analisis tidak menyamakan rancangan program dengan hasil implementasi yang telah terukur.

Analisis data dilakukan secara deskriptif-tematik melalui tiga tahapan. Tahap pertama adalah identifikasi dan pengelompokan informasi berdasarkan komponen program, bentuk intervensi, aktor yang terlibat, serta tujuan pengelolaan lingkungan. Tahap kedua adalah analisis hubungan antarkomponen dengan menggunakan perspektif ekonomi sirkular, yang mencakup pencegahan timbulan sampah, penangkapan material, pengumpulan, pemilahan, pemulihan sumber daya, dan potensi penciptaan nilai. Pada tahap ini, MUSI TRAP dianalisis berdasarkan fungsinya dalam mengendalikan sampah yang masuk ke aliran sungai, sedangkan Clean Up Sungai Musi dikaji melalui keterkaitannya dengan pengumpulan sampah dan partisipasi masyarakat. BIOREN dianalisis secara terpisah sebagai komponen pengolahan air limbah, dengan memperhatikan perbedaan karakteristik dan indikator kinerjanya dibandingkan pengelolaan sampah padat. Tahap ketiga dilakukan melalui sintesis hubungan antara komponen teknis, keterlibatan pemangku kepentingan, dan peluang pengembangan model pengelolaan lingkungan yang terintegrasi.

Kerangka analisis penelitian mencakup tiga dimensi keberlanjutan, yaitu lingkungan, sosial, dan ekonomi. Dimensi lingkungan digunakan untuk menelaah mekanisme pengendalian sampah, potensi pengurangan pencemaran, dan pengolahan air limbah. Dimensi sosial difokuskan pada bentuk partisipasi masyarakat, pembagian peran, komunikasi, dan kolaborasi antarpemangku kepentingan. Sementara itu, dimensi ekonomi diarahkan pada identifikasi peluang pemanfaatan kembali material, pengurangan kebutuhan sumber daya, dan penciptaan nilai dari aktivitas pengelolaan sampah. Ketiga dimensi tersebut digunakan sebagai kerangka untuk menilai keterpaduan program, bukan sebagai indikator bahwa seluruh manfaat lingkungan, sosial, dan ekonomi telah terbukti secara empiris.

Untuk menjaga ketepatan interpretasi, analisis dilakukan dengan membedakan

informasi yang bersifat deskriptif, temuan yang didukung dokumentasi, dan kesimpulan konseptual yang diperoleh melalui sintesis. Konsistensi informasi antarkomponen digunakan sebagai dasar pemeriksaan koherensi model. Evaluasi terhadap efektivitas MUSI TRAP, perubahan perilaku masyarakat, maupun kualitas air hasil pengolahan BIOREN memerlukan data pengukuran yang spesifik. Oleh karena itu, kesimpulan penelitian dibatasi pada karakteristik pengembangan model, hubungan antarkomponen, dan potensi kontribusinya terhadap pengelolaan sampah sungai perkotaan. Pendekatan tersebut memungkinkan penyusunan kerangka kolaboratif yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi lebih lanjut terhadap implementasi dan keberlanjutan Palembang BELAGAK.

Hasil dan Pembahasan

Pengembangan Palembang BELAGAK sebagai Model Kolaboratif Pengelolaan Lingkungan Sungai Musi

Hasil analisis terhadap rancangan Palembang BELAGAK (*Bersama Lawan Sampah untuk Lingkungan dan Berkelanjutan*) menunjukkan bahwa program ini mengembangkan pendekatan pengelolaan lingkungan Sungai Musi melalui keterkaitan antara intervensi teknis, pelibatan masyarakat, dan pemanfaatan sumber daya. Model tersebut mencakup tiga komponen utama, yaitu MUSI TRAP sebagai mekanisme penangkapan sampah sungai, Clean Up Sungai Musi sebagai kegiatan pembersihan dan mobilisasi sosial, serta BIOREN (*Bio Reactor Environmental Solution*) sebagai komponen pengolahan air limbah. Ketiganya ditempatkan dalam kerangka pengelolaan lingkungan yang lebih luas dibandingkan kegiatan pengumpulan dan pembuangan sampah secara konvensional.

Karakteristik model tersebut memperlihatkan bahwa persoalan sampah sungai dipahami sebagai masalah yang memerlukan intervensi pada beberapa tahapan pengelolaan. Penangkapan sampah bertujuan mengendalikan material yang telah memasuki badan sungai, sedangkan kegiatan pembersihan menjadi sarana pemulihan kondisi lingkungan sekaligus penguatan partisipasi masyarakat. BIOREN melengkapi intervensi tersebut melalui pengolahan air limbah. Namun, pengolahan air dan pengelolaan sampah padat merupakan dua

proses yang berbeda sehingga hubungan keduanya dalam Palembang BELAGAK perlu dipahami sebagai integrasi pengelolaan lingkungan, bukan sebagai satu aliran material yang identik.

Dalam perspektif tata kelola kolaboratif, keterlibatan perusahaan, pemerintah, komunitas, dan masyarakat merupakan unsur penting dalam pengembangan model tersebut. Kubota (2024), melalui kajian pengelolaan sampah plastik di Sungai Citarum, menunjukkan bahwa pengendalian pencemaran sungai membutuhkan koordinasi antartingkat pemerintahan dan pemangku kepentingan. Sejalan dengan itu, Ma'ruf et al., (2025) menemukan bahwa kolaborasi pemerintah, perusahaan melalui program tanggung jawab sosial, dan organisasi masyarakat dapat mendukung pengelolaan sampah perkotaan berbasis ekonomi sirkular. Kedua penelitian tersebut memberikan landasan untuk memahami Palembang BELAGAK sebagai kerangka koordinasi yang menghubungkan kapasitas organisasi dengan kebutuhan pengelolaan lingkungan masyarakat.

Meskipun demikian, keberadaan beberapa aktor dalam rancangan program belum cukup untuk membuktikan terbentuknya tata kelola kolaboratif yang efektif. Efektivitas kolaborasi perlu dinilai melalui kejelasan pembagian kewenangan, keterlibatan dalam pengambilan keputusan, keberlanjutan dukungan sumber daya, dan mekanisme evaluasi bersama. Oleh karena itu, pengembangan Palembang BELAGAK memerlukan penguatan mekanisme koordinasi yang memungkinkan setiap komponen program berjalan secara saling mendukung.

MUSI TRAP sebagai Mekanisme Penangkapan Sampah Sungai

MUSI TRAP merupakan komponen teknis yang diarahkan untuk menangkap sampah yang terbawa aliran Sungai Musi sebelum material tersebut menyebar lebih jauh. Dalam kerangka pengelolaan sampah, mekanisme ini berfungsi sebagai intervensi pada tahap penangkapan (*capture*) dan menjadi titik awal pengumpulan material untuk proses penanganan selanjutnya. Sampah yang telah ditangkap dapat dipilah berdasarkan jenis dan karakteristiknya, kemudian diarahkan pada pemanfaatan kembali atau pengelolaan residu yang sesuai.

Penggunaan perangkat penangkap sampah memiliki relevansi dengan

perkembangan teknologi pengendalian sampah perairan. Blettler et al., (2023) menguji efektivitas penghalang terapung (*river boom*) pada kondisi lingkungan nyata dan menemukan bahwa kemampuan penangkapan dapat berbeda menurut bentuk sampah, karakter material, dan konfigurasi perangkat. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan alat penangkap tidak secara otomatis menjamin efektivitas pengurangan sampah. Hasil penangkapan perlu diperiksa berdasarkan kondisi aliran, karakteristik material, dan pengoperasian perangkat.

Dalam konteks MUSI TRAP, evaluasi teknis perlu mempertimbangkan lokasi pemasangan, kestabilan perangkat, perubahan tinggi muka air, pola arus, serta frekuensi pengangkutan sampah yang terkumpul. Selain itu, diperlukan prosedur pencatatan jumlah dan jenis material yang berhasil ditangkap. Data tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi kapasitas penangkapan sekaligus mengidentifikasi karakter sampah yang dominan pada lokasi intervensi.

Perkembangan teknologi pemantauan sampah juga membuka peluang bagi penguatan sistem evaluasi. Jia et al., (2024) mengembangkan metode pendeteksian sampah terapung berbasis pembelajaran mesin semi-terawasi yang diuji pada lingkungan perairan, termasuk di Indonesia. Penelitian tersebut memperlihatkan potensi penggunaan dokumentasi visual sebagai pendukung identifikasi sampah perairan. Bagi MUSI TRAP, pemanfaatan foto berkala, pencatatan berat sampah, dan pengelompokan jenis material dapat menjadi tahapan evaluasi yang lebih sederhana sebelum pengembangan sistem pemantauan digital.

Dengan demikian, kontribusi MUSI TRAP dalam model Palembang BELAGAK terletak pada penyediaan mekanisme penangkapan sampah yang dapat dihubungkan dengan pemilahan dan penanganan material. Namun, besarnya pengurangan sampah sungai belum dapat ditentukan tanpa data mengenai volume sampah tertangkap, periode operasi, dan kondisi lingkungan selama pengamatan.

Clean Up Sungai Musi sebagai Mekanisme Partisipasi dan Pemulihan Lingkungan

Clean Up Sungai Musi merupakan komponen sosial dalam Palembang BELAGAK yang menghubungkan kegiatan pembersihan lingkungan dengan keterlibatan

masyarakat. Kegiatan tersebut tidak hanya diarahkan untuk mengumpulkan sampah, tetapi juga menjadi ruang interaksi antara perusahaan, komunitas, relawan, dan masyarakat dalam membangun kepedulian terhadap lingkungan sungai.

Dalam perspektif pemberdayaan, kegiatan pembersihan dapat menjadi tahap awal pembentukan tanggung jawab kolektif. Masyarakat tidak hanya diposisikan sebagai penerima manfaat, tetapi juga dapat terlibat dalam pengumpulan, pemilahan, pengelolaan, dan pemantauan sampah. Akan tetapi, kegiatan yang dilakukan secara insidental memiliki keterbatasan apabila tidak diikuti perubahan perilaku dan tersedianya mekanisme pengelolaan setelah sampah dikumpulkan.

Mufidah et al., (2024) melalui penelitian pengelolaan sampah makroplastik di kawasan Sungai Cikapundung, menunjukkan pentingnya faktor partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah plastik. Sementara itu, Ismiraj et al., (2023) melalui penelitian bank sampah berbasis masyarakat di Pangandaran, menjelaskan relevansi persepsi dan keterlibatan pengelola maupun pengguna dalam keberlangsungan sistem pengelolaan sampah. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa penguatan partisipasi tidak cukup dilakukan melalui ajakan menjaga kebersihan, tetapi memerlukan keterlibatan masyarakat dalam kegiatan pengelolaan yang terorganisasi.

Berdasarkan kerangka tersebut, Clean Up Sungai Musi dapat dikembangkan melalui pembagian peran yang lebih terstruktur antara penggerak program, relawan, komunitas, dan kelompok pengelola sampah. Pelaksanaan kegiatan juga perlu disertai pencatatan jumlah peserta, frekuensi kegiatan, jenis sampah yang dikumpulkan, serta tindak lanjut terhadap material hasil pembersihan.

Dalam jangka panjang, keberlanjutan partisipasi dapat didukung melalui edukasi, komunikasi antaraktor, dan penguatan kapasitas kelompok masyarakat. Oleh karena itu, hasil Clean Up Sungai Musi sebaiknya tidak hanya dinilai dari jumlah sampah yang berhasil dikumpulkan, tetapi juga dari kesinambungan keterlibatan masyarakat dan terbentuknya mekanisme pengelolaan yang tetap berjalan setelah kegiatan pembersihan selesai.

BIOREN dan Penguatan Pengelolaan Air Limbah

BIOREN (*Bio Reactor Environmental Solution*) ditempatkan sebagai komponen pengolahan air limbah dalam kerangka Palembang BELAGAK. Berbeda dari MUSI TRAP dan Clean Up Sungai Musi yang berkaitan langsung dengan pengendalian sampah padat, BIOREN berorientasi pada pengolahan air agar kualitasnya dapat ditingkatkan untuk mendukung pemanfaatan tertentu. Dalam rancangan program, air hasil pengolahan diarahkan untuk mendukung kegiatan budidaya ikan air tawar dan penyiraman tanaman.

Keterkaitan BIOREN dengan ekonomi sirkular terletak pada peluang penggunaan kembali sumber daya air yang sebelumnya menjadi limbah. Pendekatan ini sejalan dengan perkembangan penelitian mengenai pemanfaatan air limbah terolah untuk kegiatan produktif. Antiñolo Bermúdez et al., (2024) menganalisis potensi pemanfaatan kembali air limbah perkotaan yang diolah menggunakan teknologi *membrane bioreactor* dalam kerangka ekonomi sirkular. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan kembali air hasil pengolahan memerlukan evaluasi teknologi serta kesesuaian kualitas air dengan kebutuhan penggunaannya.

Meskipun demikian, temuan mengenai teknologi *membrane bioreactor* tidak dapat secara langsung digunakan untuk menyimpulkan efektivitas BIOREN karena karakteristik teknis kedua sistem belum tentu sama. Penilaian terhadap BIOREN harus didasarkan pada spesifikasi teknologi yang digunakan, karakteristik air limbah masuk, proses pengolahan, dan kualitas air yang dihasilkan.

Dalam kaitannya dengan rencana pemanfaatan air, acuan baku mutu perlu mengacu pada ketentuan yang relevan, termasuk PP Nomor 22 Tahun 2021. Namun, kesesuaian air hasil pengolahan dengan kelas mutu tertentu tidak dapat dinyatakan hanya berdasarkan tujuan rancangan. Diperlukan pengujian parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi sesuai persyaratan penggunaan air yang direncanakan. Kesesuaian air untuk penyiraman tanaman juga tidak serta-merta menjamin kelayakannya bagi budidaya ikan karena kebutuhan kualitas air pada kedua kegiatan tersebut dapat berbeda.

Dengan demikian, BIOREN memperluas ruang lingkup Palembang

BELAGAK dari penanganan sampah padat menuju pengelolaan lingkungan dan pemanfaatan kembali sumber daya air. Kontribusinya dalam model dapat diidentifikasi secara konseptual, sedangkan efektivitas pengolahan dan keamanan pemanfaatan air memerlukan pembuktian teknis melalui pengujian yang terdokumentasi.

Integrasi Ekonomi Sirkular dalam Pengelolaan Sampah dan Sumber Daya

Integrasi ekonomi sirkular dalam Palembang BELAGAK dapat dipahami melalui hubungan antara pengendalian sampah, pemanfaatan material, dan peluang penggunaan kembali sumber daya. MUSI TRAP menyediakan mekanisme penangkapan sampah, sedangkan Clean Up Sungai Musi mendukung pengumpulan material sekaligus pelibatan masyarakat. Material yang telah dikumpulkan dapat diarahkan pada pemilahan dan pemanfaatan kembali berdasarkan karakteristik serta kelayakannya. Sementara itu, BIOREN ditempatkan dalam jalur pengelolaan air limbah yang berbeda dari aliran sampah padat.

Pengelolaan berbasis ekonomi sirkular membutuhkan pemahaman mengenai pergerakan material dari sumber hingga tahap akhir pemanfaatannya. Choi et al., (2024) menunjukkan bahwa *material flow analysis* dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola penggunaan, pengumpulan, dan daur ulang material plastik sebagai dasar perbaikan sistem pengelolaan. Pendekatan tersebut relevan untuk Palembang BELAGAK, terutama dalam membedakan jumlah sampah yang ditangkap, material yang dapat dimanfaatkan, dan residu yang tetap memerlukan pembuangan.

Pengalaman pengelolaan sampah berbasis masyarakat di Indonesia juga menunjukkan pentingnya hubungan antara kinerja material dan kapasitas organisasi. Purnamasari et al., (2026) melalui studi Bank Sampah Amal Haqiqi di Garut, menggunakan *material flow analysis* dan *Analytical Hierarchy Process* untuk mengevaluasi dimensi teknis, sosial, lingkungan, dan ekonomi. Studi tersebut menemukan bahwa keberhasilan pengelolaan sampah dipengaruhi oleh partisipasi masyarakat dan dukungan teknis. Temuan ini memberikan dasar pembandingan bahwa penilaian ekonomi sirkular perlu melampaui keberadaan kegiatan daur ulang dan mencakup keberlanjutan

organisasi serta pencatatan hasil pengelolaan material.

Dalam Palembang BELAGAK, penerapan prinsip ekonomi sirkular dapat dikembangkan melalui pengurangan sampah dari sumbernya, penangkapan sampah yang telah memasuki sungai, pemilahan material, pemanfaatan kembali, dan pengelolaan residu. Jalur pemanfaatan kembali air melalui BIOREN perlu dinilai dengan indikator tersendiri. Pemisahan tersebut penting agar tidak terjadi penyamaan antara massa sampah yang dipulihkan dan volume air yang diolah.

Dengan demikian, Palembang BELAGAK menunjukkan rancangan integrasi beberapa intervensi lingkungan yang saling melengkapi. Namun, tingkat sirkularitas program belum dapat dihitung tanpa informasi mengenai input material, jumlah sampah yang dipulihkan, residu yang dihasilkan, dan hasil pemanfaatan sumber daya.

Kolaborasi Multipihak dan Penciptaan Nilai Sosial-Ekonomi

Pengembangan Palembang BELAGAK menempatkan perusahaan sebagai salah satu penggerak program, dengan dukungan yang dapat mencakup pengembangan inovasi, penyediaan sumber daya, dan fasilitasi kerja sama. Pemerintah memiliki peran potensial dalam regulasi dan koordinasi pengelolaan lingkungan, sedangkan komunitas dan masyarakat berperan dalam pelaksanaan kegiatan serta penguatan perilaku pengelolaan sampah. Kelompok pengelola material dan pelaku usaha lokal dapat menjadi penghubung antara pemilahan sampah dan kegiatan pemanfaatan yang memiliki nilai ekonomi.

Hubungan multipihak tersebut menunjukkan bahwa ekonomi sirkular tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga memerlukan pengaturan kelembagaan dan distribusi manfaat. Jambeck et al., (2024) melalui pengembangan *Circularity Assessment Protocol* pada kawasan perkotaan, memperlihatkan pentingnya pengumpulan data tingkat komunitas dan keterlibatan pemangku kepentingan untuk menentukan peluang pengurangan pencemaran plastik. Penelitian tersebut menekankan bahwa strategi ekonomi sirkular perlu mempertimbangkan kondisi dan kebutuhan lokal.

Dalam konteks Palembang BELAGAK, pendekatan tersebut dapat diterapkan melalui pemetaan aktor,

pembagian tanggung jawab, serta identifikasi kegiatan pengelolaan sampah yang berpotensi menghasilkan manfaat bagi masyarakat. Manfaat sosial dapat dikembangkan melalui peningkatan pengetahuan, keterampilan pemilahan sampah, keterlibatan komunitas, dan pembentukan hubungan kerja sama. Sementara itu, peluang ekonomi dapat muncul dari material yang masih memiliki nilai guna dan dapat disalurkan melalui kelompok pengelola sampah atau kegiatan usaha masyarakat.

Namun, penciptaan manfaat ekonomi perlu dibedakan dari potensi nilai material. Sampah yang memiliki harga pasar belum tentu menghasilkan pendapatan bersih apabila biaya pengumpulan, pemilahan, transportasi, dan pengolahan lebih besar daripada nilai penjualannya. Oleh karena itu, penilaian ekonomi program memerlukan pencatatan biaya serta nilai material yang benar-benar berhasil dimanfaatkan.

Dengan pendekatan tersebut, Palembang BELAGAK dapat dikembangkan sebagai wadah kolaborasi pengelolaan lingkungan yang menghubungkan manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi. Akan tetapi, manfaat tersebut tetap perlu dibuktikan melalui indikator dan dokumentasi hasil pelaksanaan agar penilaian keberhasilan program tidak hanya didasarkan pada keberadaan kegiatan kolaboratif.

Sintesis Model dan Implikasi Pengembangan Palembang BELAGAK

Berdasarkan analisis, Palembang BELAGAK memperlihatkan keterkaitan antara pengelolaan sampah padat, pengolahan air limbah, dan partisipasi masyarakat dalam satu kerangka pengelolaan lingkungan Sungai Musi. Keterkaitan tersebut dapat dirumuskan melalui tahapan pencegahan, penangkapan, pengumpulan, pemilahan, pemulihan sumber daya, pemanfaatan, dan penciptaan nilai. Namun, tahapan tersebut harus dipahami sebagai kerangka pengembangan sistem, bukan sebagai bukti bahwa seluruh proses telah menghasilkan dampak terukur.

Perbedaan fungsi ketiga komponen memberikan konsekuensi pada sistem evaluasi. MUSI TRAP membutuhkan indikator teknis penangkapan dan penanganan sampah. Clean Up Sungai Musi memerlukan indikator partisipasi, volume material yang dikumpulkan, serta keberlanjutan kegiatan. Sementara itu, BIOREN membutuhkan indikator kualitas air masuk dan keluar,

kapasitas pengolahan, serta kesesuaian hasil pengolahan dengan tujuan pemanfaatannya.

Secara konseptual, hubungan ketiga komponen memperluas pengelolaan lingkungan sungai dari kegiatan pembersihan menjadi pendekatan yang mengintegrasikan pengendalian pencemaran, pelibatan masyarakat, dan pemanfaatan kembali sumber daya. Kekuatan pendekatan tersebut terletak pada upaya menghubungkan intervensi yang sebelumnya dapat berjalan secara terpisah. Akan tetapi, integrasi organisasi dan kegiatan tidak otomatis menunjukkan integrasi aliran material ataupun keberhasilan ekonomi sirkular.

Kontribusi analitis Palembang BELAGAK terletak pada perumusan hubungan antara komponen teknis dan sosial dalam pengelolaan lingkungan sungai perkotaan. Pengembangan lebih lanjut perlu diarahkan pada dokumentasi pelaksanaan, pengukuran kinerja, penegasan pembagian peran, dan evaluasi manfaat yang diterima masyarakat. Dengan dukungan data tersebut, model ini dapat menjadi dasar pengembangan pendekatan kolaboratif yang lebih terukur dan memiliki peluang untuk diterapkan pada wilayah sungai perkotaan lain dengan karakteristik lingkungan serta kelembagaan yang sebanding.

Conclusion

Penelitian ini menunjukkan bahwa Palembang BELAGAK merupakan model kolaboratif pengelolaan lingkungan Sungai Musi yang mengintegrasikan intervensi teknis, partisipasi masyarakat, dan prinsip ekonomi sirkular. Model tersebut menghubungkan tiga komponen utama, yaitu MUSI TRAP sebagai mekanisme penangkapan sampah sungai, Clean Up Sungai Musi sebagai kegiatan pemulihan lingkungan dan mobilisasi sosial, serta BIOREN sebagai sistem pengolahan air limbah yang diarahkan pada pemanfaatan kembali sumber daya air. Hasil analisis menunjukkan bahwa keterpaduan ketiga komponen tersebut membentuk kerangka pengelolaan lingkungan yang lebih luas dibandingkan pendekatan konvensional yang hanya berorientasi pada pengumpulan dan pembuangan sampah. Kontribusi utama penelitian terletak pada pengembangan kerangka integratif yang menghubungkan pengendalian pencemaran, tata kelola kolaboratif, pemulihan sumber daya, dan

potensi penciptaan nilai lingkungan, sosial, serta ekonomi. Pendekatan ini menempatkan masyarakat dan pemangku kepentingan sebagai bagian dari sistem pengelolaan lingkungan yang saling mendukung, bukan sekadar pelaksana kegiatan pembersihan sungai.

Pengembangan Palembang BELAGAK memerlukan penguatan koordinasi multipihak, pembagian peran kelembagaan, pencatatan aliran material, dan evaluasi kinerja setiap komponen program. Efektivitas MUSI TRAP perlu dinilai berdasarkan jumlah dan jenis sampah yang ditangkap, sedangkan keberlanjutan Clean Up Sungai Musi memerlukan pengukuran partisipasi masyarakat dan tindak lanjut pengelolaan material. BIOREN membutuhkan pengujian kualitas air untuk memastikan kesesuaiannya dengan tujuan pemanfaatan dan ketentuan baku mutu yang berlaku. Penelitian ini terbatas pada analisis deskriptif terhadap pengembangan model sehingga belum dapat membuktikan secara kuantitatif besarnya pengurangan sampah, peningkatan kualitas air, maupun manfaat ekonomi yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mengintegrasikan pengukuran lingkungan, evaluasi partisipasi masyarakat, dan analisis biaya-manfaat untuk menilai efektivitas serta keberlanjutan program. Dengan dukungan bukti empiris tersebut, Palembang BELAGAK berpotensi dikembangkan sebagai model pengelolaan lingkungan sungai perkotaan yang adaptif dan dapat direplikasi sesuai karakteristik wilayah lain.

References

- Antiñolo Bermúdez, L., Díaz Mendoza, V., Leyva Díaz, J. C., Martín Pascual, J., Muñoz Martínez, M. del M., & Poyatos Capilla, J. M. (2024). Investigation of the agricultural reuse potential of urban wastewater and other resources derived by using membrane bioreactor technology within the circular economy framework. *Science of the Total Environment*, 955, 177011. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177011>
- Blettler, M. C. M., Agustini, E., Abrial, E., Piacentini, R., Garelo, N., Wantzen, K. M., Vega, M. G., & Espinola, L. A. (2023). The challenge of reducing macroplastic pollution: Testing the effectiveness of a river boom under real

- environmental conditions. *Science of the Total Environment*, 870, 161941. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161941>
- Choi, H.-J., Hwang, D., Yoon, Y.-S., Jeon, T.-W., & Rhee, S.-W. (2024). Applying material flow analysis for sustainable waste management of single-use plastics and packaging materials in the Republic of Korea. *Sustainability*, 16(16), 6926. <https://doi.org/10.3390/su16166926>
- Davies, L., Tait, H., & Lavers, J. L. (2026). Impact of single-use waste reduction initiatives using citizen science data: Western Australia as a case study. *Marine Pollution Bulletin*, 222, 118750. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118750>
- Dittmann, S., Kiessling, T., Knickmeier, K., Schönberg, J., Brennecke, D., Hinzmann, M., Knoblauch, D., & Thiel, M. (2024). Temporal variability of litter pollution of rivers in Germany – A long-term assessment by schoolchildren as citizen scientists. *Marine Pollution Bulletin*, 209, 117253. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117253>
- Foundation, E. M. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Ellen MacArthur Foundation.
- Foundation, E. M. (2021). *Circular economy introduction*. Ellen MacArthur Foundation.
- Gallitelli, L., Cutini, M., Cesarini, G., & Scalici, M. (2024). Riparian vegetation entraps macroplastics along the entire river course: Implications for eco-safety activities and mitigation strategies. *Environmental Research*, 263, 120224. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120224>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Haribowo, R., Rubiantoro, P., Irawan, S. K. J., Wafiya, P. N., Jannah, M. R., & Sihombing, H. K. A. (2025). Classification of plastic waste in community-based river cleanup initiatives for water quality restoration. *Indonesian Journal of Community Engagement*, 11(3), 188–194. <https://doi.org/10.22146/jpk.96740>
- Ismiraj, M. R., Wulansari, A., Setiadi, Y., Pratama, A., & Mayasari, N. (2023). Perceptions of community-based waste bank operators and customers on its establishment and operationalization: Cases in Pangandaran, Indonesia. *Sustainability*, 15(14), 11052. <https://doi.org/10.3390/su151411052>
- Jambeck, J. R., Maddalene, T., Youngblood, K., Oposa, A., Perello, H., Werner, M., Himelboim, I., Romness, K., Mathis, J., Keisling, C., & Brooks, A. L. (2024). The circularity assessment protocol in cities to reduce plastic pollution. *Community Science*, 3(1), e2023CSJ000042. <https://doi.org/10.1029/2023CSJ000042>
- Jia, T., de Vries, R., Kapelan, Z., van Emmerik, T. H. M., & Taormina, R. (2024). Detecting floating litter in freshwater bodies with semi-supervised deep learning. *Water Research*, 266, 122405. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122405>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kubota, R. (2024). Collaborative governance framework for cleaning riverine plastic waste in Citarum River of Indonesia. *Global Environmental Research*, 28(1), 69–76. https://doi.org/10.57466/ger.28.1_69
- Lauer, N., Haley, M., Sutton, E., Clark, R., Woodburn, H., Crider, E., D'Angelo, K., Kammire, C., Jones, B., Caldwell,

- D., Register, T., Fritz, E., Krop, S., Lewis, R., Rider, L., Miller, E., Stephens, S., Pitney, L., Kaufman, E., ... Nowlin, M. (2025). Quantifying riverine plastic pollution using participatory science and trash traps. *Community Science*, 4(3), e2024CSJ000122. <https://doi.org/10.1029/2024CSJ000122>
- Ma'ruf, M. F., Muzaqi, A. H., & Ramadhani, G. T. (2025). Polycentric collaborative governance and circular economy in urban waste systems: Public value co-creation through CSR-community partnerships in Surabaya, Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 9(3), 408–421. <https://doi.org/10.36574/jpp.v9i3.781>
- Mufidah, F. F., Kosmaryandi, N., Taryono, & Hariyadi, S. (2024). Partial least square-structural equation modeling as a model of community participation in macroplastic waste management in Cikapundung River (Case study: Baleendah District) Bandung Regency. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 14(4). <https://doi.org/10.29244/jpsl.14.4.708>
- Pambudi, N. F., Simatupang, T. M., Samarakoon, S. M. K., Mulyono, N. B., Ratnayake, R. M. C., & Okdinawati, L. (2025). Enhancing public participation in plastic waste management for a sustainable circular economy: Insights from Indonesia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 27, 3366–3389. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02294-5>
- Praptiwi, R. A., Maharja, C., Cholifatullah, F., Subroto, D. C. J., Sainal, S., Miller, P. I., Cheung, V. V., Setia, T. M., Nasruddin, Datu, Sugardjito, J., & Austen, M. C. (2025). Developing a citizen science approach to monitor stranded marine plastics on a remote small island in Indonesia. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 53(1), e70001. <https://doi.org/10.1002/clen.70001>
- Purnamasari, N., Utama, G. L., & Ramadhan, R. (2026). Circular economy implementation in community-based plastic waste management: A case study of Waste Bank Amal Haqiqi Garut, Indonesia. *Industrial and Domestic Waste Management*, 6(1), 30–46. <https://doi.org/10.53623/idwm.v6i1.1007>
- Tanaka, M., Okada, Y., Kashiwada, J., Kaneko, H., Ito, H., & Nihei, Y. (2024). Country-wide assessment of plastic removal rates on riverbanks and water surfaces. *Marine Pollution Bulletin*, 209, 117218. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117218>
- Uogintė, I., Byčenkienė, S., Davtalab, M., & Markevičiūtė, R. (2024). Exploring the abundance and characteristics of litter in Lithuanian riversides: A citizen science approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196, 324. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12503-7>
- Zaenudin, H. N., & Van Den Akker, H. (2025). Improving community task performance through synchronous communication in plastic waste management for rivers. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 23(1), 121–130. <https://doi.org/10.36568/gelinkes.v23i1.248>
- Zink, T., & Geyer, R. (2017). Circular economy rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 593–602. <https://doi.org/10.1111/jiec.12545>