

IMPLEMENTASI KONSEP ARSITEKTUR REGENERATIF PADA PERANCANGAN *PLASTIC LEARNING AND RECYCLING CENTER* DI KAWASAN PINTU AIR MANGGARAI, JAKARTA

Shevira Zahra Rahmatunissa¹⁾, Irene Syona Darmady^{2)*}

¹⁾Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Arsitektur, Perencanaan, dan Real Estat,
Universitas Tarumanagara, Jakarta

Email: shevira.315210109@stu.untar.ac.id

^{2)*}Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Arsitektur, Perencanaan, dan Real Estat,
Universitas Tarumanagara, Jakarta

Email: irenes@ft.untar.ac.id

*Penulis Korespondensi: irenes@ft.untar.ac.id

Masuk: 07-11-2025, revisi: 07-01-2026, diterima untuk diterbitkan: 28-04-2026

Abstrak

Krisis sampah plastik telah menjadi fenomena lingkungan yang semakin mendesak, tidak hanya menyebabkan pencemaran air dan tanah, tetapi juga berdampak pada kesehatan masyarakat melalui mikroplastik dan emisi berbahaya. Kondisi ini sangat terlihat di Jakarta, khususnya di area Pintu Air Manggarai, yang selama musim hujan menerima 600 hingga 700 ton sampah/hari, 30% hingga 35% di antaranya merupakan plastik sekali pakai. Masalah ruang yang krusial adalah ketiadaan pengolahan sampah lokal yang terintegrasi di kawasan padat penduduk, sehingga sampah hanya diangkut ke TPA tanpa memberikan nilai tambah atau pemulihan bagi ekosistem sungai. Tujuan dari penelitian dan perancangan ini adalah merumuskan solusi berbasis arsitektur regeneratif melalui pembangunan *Plastic Learning dan Recycling Center* (PLRC) sebagai fasilitas yang berfungsi untuk pengolahan, edukasi, dan pemberdayaan masyarakat. Untuk sub-kajian, fokus dilakukan pada prinsip arsitektur regeneratif serta ekonomi sirkular yang menekankan sistem tertutup (*closed loop*) berupa proses dari *plastic-to-energy-to-material*. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan observasi lapangan, wawancara, kajian literatur, analisis pada tapak, studi preseden, dan sintesis konsep gubahan massa. Hasil penelitian merumuskan desain dengan sistem zonasi vertikal yang memisahkan area teknis dan zona edukasi. Kebaruan hasil menunjukkan inovasi dalam menggabungkan fungsionalitas teknis, edukatif, sosial, dan ekologis dalam satu fasilitas arsitektur regeneratif. Dengan demikian, PLRC di Manggarai menjadi prototipe desain yang tidak hanya menekan pencemaran plastik, tetapi juga berkontribusi dalam pemulihan ekosistem perkotaan serta memperkuat kapasitas masyarakat menuju keberlanjutan.

Kata kunci: *gasifikasi; pirolisis; plastik; recycle; regeneratif*

Abstract

The plastic waste crisis has become an increasingly urgent environmental phenomenon, not only causing water and soil pollution but also impacting public health through microplastics and hazardous emissions. This condition is highly visible in Jakarta, particularly in the Manggarai Sluice Gate area, which during the rainy season receives 600 to 700 tons of waste per day, 30% to 35% of which consists of single-use plastics. A crucial spatial issue is the lack of integrated local waste processing in densely populated areas, such that waste is only transported to landfills without providing added value or restoration for the river ecosystem. The objective of this research and design is to formulate a regenerative architecture-based solution through the development of the Plastic Learning and Recycling Center (PLRC) as a facility that functions for processing, education, and community empowerment. For the sub-study, the focus is placed on the principles of regenerative architecture and circular economy which emphasize a closed-loop system in the form of a plastic-to-energy-to-material process. The research method uses a qualitative approach with field observations, interviews, literature review, site analysis, precedent studies, and the synthesis of massing

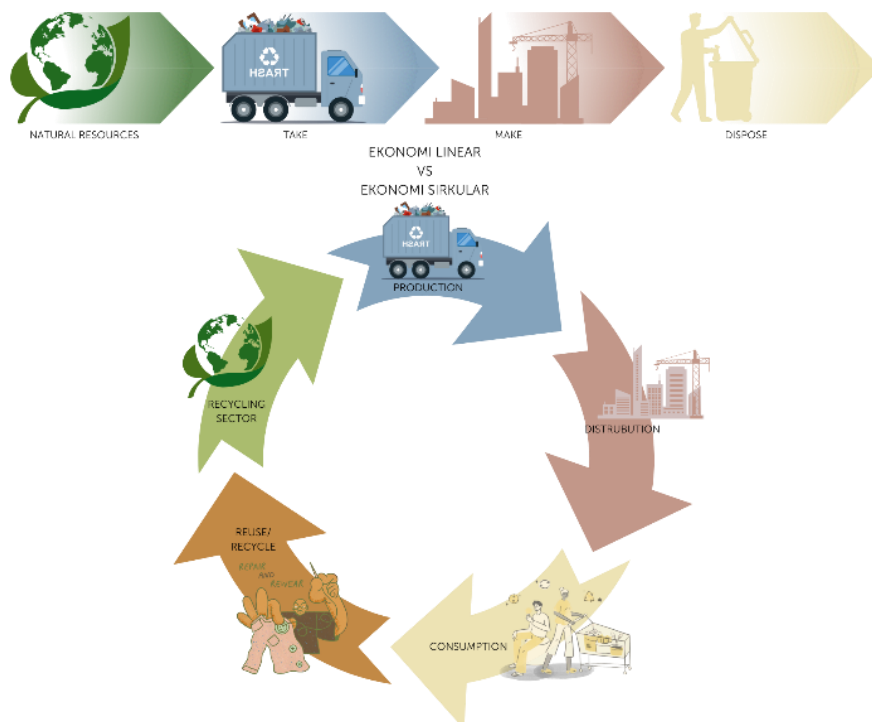
concepts. The research results formulate a design with a vertical zoning system that separates technical areas and education zones. The novelty of the results shows innovation in combining technical, educational, social, and ecological functionalities within a single regenerative architecture facility. Thus, the PLRC in Manggarai becomes a design prototype that not only suppresses plastic pollution but also contributes to the restoration of urban ecosystems as well as strengthening community capacity toward sustainability.

Keywords: *ecosystem; gasification; plastic; pyrolysis; regenerative*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan sampah, terutama sampah plastik, telah berkembang menjadi krisis lingkungan berskala besar yang melanda dunia. Menurut *World Bank* (2022) lebih dari 2,01 miliar ton sampah dihasilkan setiap tahun di seluruh dunia. Sekitar 12% dari total ini berupa plastik yang sebagian besar tidak tertangani dengan baik. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), volume sampah di Indonesia mencapai 68,5 juta ton per tahun, dengan plastik menyumbang sekitar 17% dari total volume sampah (Fauzia et al., 2023). Sampah plastik dapat menghasilkan mikroplastik yang dapat mencemari rantai makanan (Martinez et al., 2023), dan mengeluarkan gas berbahaya seperti furan dan dioksin saat dibakar (Hasan et al., 2025). Dari perspektif arsitektur, fenomena ini menunjukkan kegagalan infrastruktur pengelolaan limbah konvensional yang cenderung terisolasi dari ruang publik dan tidak mampu menangani siklus material secara regeneratif.



Gambar 1. Diagram Perbandingan Ekonomi Linear dengan Ekonomi Sirkular
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Krisis lingkungan di Jakarta sangat nyata pada Sungai Ciliwung, yang tercatat sebagai salah satu sungai paling tercemar di dunia dengan aliran plastik mencapai 20.000 potongan per jam (Cordova et al., 2024). Kondisi ini menyebabkan kualitas air tidak memenuhi standar baku mutu kelas II (Wiratno et al., 2025) serta meningkatkan risiko banjir musiman, emisi gas rumah kaca,

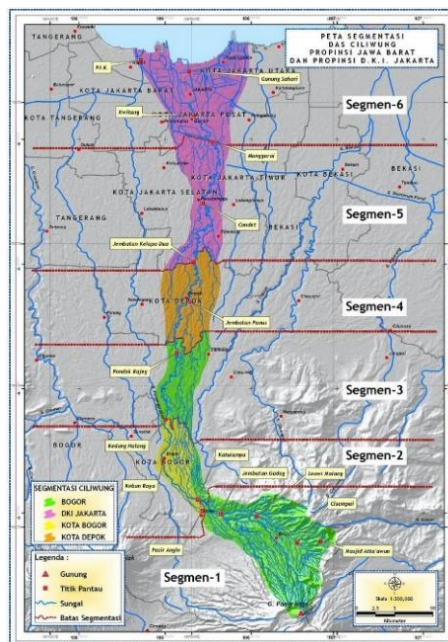
dan ancaman penyakit bagi masyarakat bantaran (Effendi et al., 2024). Secara spasial, akumulasi sampah ini menciptakan "ruang mati" yang memutus interaksi antara manusia, air, dan lingkungan binaan. Pintu Air Manggarai merupakan titik krusial pengendali banjir Jakarta, namun sekaligus mencerminkan kegagalan tipologi arsitektur dalam mengintegrasikan pengolahan limbah dengan ruang publik edukatif. Saat ini, sistem yang berjalan hanya berupa pemindahan beban sampah ke TPA Bantar Gebang tanpa proses pengolahan setempat (Pratama & Constantine, 2023). Kondisi ini mengabaikan potensi sampah plastik untuk dikonversi menjadi energi alternatif melalui pirolisis dan gasifikasi, maupun dimanfaatkan sebagai material konstruksi daur ulang yang inovatif (Laghezza, 2024).

Tabel 1. Klasifikasi Sampah di Pintu Air Manggarai

Jenis Sampah	Volume Harian (musim hujan)	Presentase	Dampak Utama
Plastik sekali pakai (kantong, botol PET, styrofoam, sachet)	180–240 ton/hari	30–35%	Mikroplastik, sulit terurai, kontaminasi rantai makanan
Organik (sisa makanan, daun, kayu kecil)	300–350 ton/hari	50–55%	BOD & COD tinggi, penurunan kualitas air, bau
Tekstil & kain (serat sintetis, pakaian bekas)	35–45 ton/hari	5–7%	Mikroplastik, sulit terurai
Logam & kaca (kaleng, botol)	18–30 ton/hari	3–5%	Logam berat berbahaya, potensi toksik
Total	600–700 ton/hari (puncak hujan)	100%	Hambatan aliran sungai, banjir, pencemaran ekosistem

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta, 2020–2022); Waste4Change, 2021; dan Kompas, 2022

Melihat tabel di atas, tampak bahwa meski sampah organik mendominasi volume, plastik sekali pakai justru muncul sebagai masalah paling berbahaya, bukan hanya karena menambah mikroplastik, melainkan juga karena menimbulkan risiko kesehatan jangka panjang.



Gambar 2. Peta DAS Ciliwung
Sumber: Ciliwung Institute, 2025

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pendekatan baru yang mengatasi masalah penumpukan sampah plastik juga memberikan dampak positif bagi lingkungan, masyarakat, dan perekonomian. Salah satu solusi yang disarankan adalah pengembangan *Plastic Learning and Recycling Center* (PLRC) di kawasan Pintu Air Manggarai dengan pendekatan arsitektur regeneratif. Fasilitas ini akan berfungsi sebagai sumber daya teknis untuk pengolahan sampah juga sebagai platform untuk edukasi, kreativitas, dan pengembangan masyarakat. Dengan menggabungkan pengolahan plastik menjadi energi yang menghasilkan bahan bakar minyak, LPG, dan *syngas*, serta menjadi material *upcycle* dan *recycle* seperti *ecobricks* dan panel bangunan, beserta program yang mencakup ruang publik dan *makerspace*, proyek ini bertujuan untuk memulihkan ekosistem Sungai Ciliwung dan menjadi model arsitektur regeneratif yang dapat diterapkan di area tercemar lainnya di perkotaan (Megaprastio et al., 2023).

Rumusan Permasalahan

Kondisi degradasi lingkungan di kawasan Pintu Air Manggarai akibat akumulasi sampah plastik menciptakan urgensi untuk menghadirkan solusi spasial melalui pendekatan arsitektur yang komprehensif. Tantangan utama dalam perancangan ini terletak pada perumusan strategi desain untuk mengintegrasikan infrastruktur teknologi pengolahan limbah, seperti pirolisis dan gasifikasi, dengan ruang publik edukatif ke dalam satu tipologi bangunan *Plastic Learning and Recycling Center* (PLRC) yang harmonis. Selain itu, diperlukan penerapan prinsip arsitektur regeneratif guna memulihkan kualitas ekosistem Sungai Ciliwung secara spasial dan fungsional melalui intervensi desain yang berdampak positif bagi lingkungan sekitar. Permasalahan ini juga mencakup pengkonfigurasi gubahan massa dan tata ruang yang kompleks untuk memfasilitasi alur sirkular *plastic-to-energy-to-material* agar dapat menjamin efisiensi alur kerja operasional, standar keselamatan industri, serta kenyamanan akses bagi pengunjung umum.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan menyusun strategi perancangan *Plastic Learning and Recycling Center* (PLRC) di kawasan Pintu Air Manggarai, agar dapat menjawab dua tantangan utama yang dihadapi wilayah yang tercemar limbah plastik. Tantangan pertama meliputi identifikasi sekaligus penerapan pendekatan desain arsitektur yang mampu mengintegrasikan alur proses pengolahan plastik, termasuk teknologi pirolisis, gasifikasi, dan daur ulang ke dalam tata ruang bangunan yang efisien dan fungsional. Kedua, mengembangkan penerapan prinsip arsitektur berkelanjutan melalui konfigurasi spasial yang tidak sekadar memenuhi aspek teknis, melainkan juga menyediakan ruang publik edukatif untuk menumbuhkan aspek teknis, menggalang partisipasi, dan memberdayakan masyarakat melalui pengalaman ruang di tengah isu keberlanjutan lingkungan.

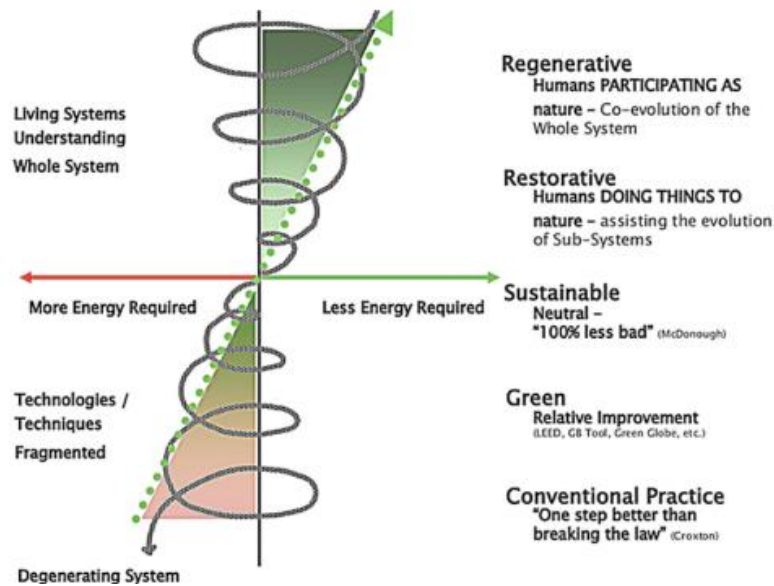
2. KAJIAN LITERATUR

Prinsip Perancangan melalui Pendekatan Arsitektur Regeneratif

Arsitektur regeneratif memperlakukan bangunan bukan sekadar objek hijau, melainkan sebuah sistem sistem spasial hidup yang mampu mengembalikan dan memperkaya konteks ekologi di sekitarnya. Berbeda dengan arsitektur berkelanjutan yang fokus pada minimalisasi dampak negatif, pendekatan regeneratif menekankan pada strategi desain yang menciptakan dampak positif untuk memperbaiki ekosistem dan komunitas (Lyle, 1994; Mang & Reed, 2012). Dalam konteks Pintu Air Manggarai, kritik arsitektural yang diangkat adalah penolakan terhadap bangunan sebagai objek otonom yang steril; sebaliknya, bangunan harus dirancang sebagai "infrastruktur pemulih" yang terintegrasi secara fisik dengan aliran sungai.

Di kawasan padat seperti Manggarai, pendekatan regeneratif diwujudkan melalui konfigurasi ruang multifungsi yang menyatukan area pengolahan limbah, zona edukasi, dan ruang sosial ke

dalam satu perangkat spasial yang berpori (*porous*). Secara arsitektural, hal ini dicapai dengan menyusun alur proses (*process flow*) teknologi pirolisis dan gasifikasi yang dapat diamati secara visual oleh publik, sehingga menciptakan pengalaman ruang edukatif. Dengan menggabungkan sistem energi dan vegetasi dalam siklus tertutup, bangunan bertransformasi dari sekadar tempat pengolahan sampah menjadi simpul aktivitas (*activity hub*) yang meningkatkan kualitas lingkungan sekaligus memperkuat kohesi sosial warga.



Gambar 3. *Regenerative Development*

Sumber: Leighbaker, 2025

Konsep Ekonomi Sirkular dalam Pengolahan Sampah dan Arsitektur

Ekonomi sirkular menggeser paradigma linear "ambil-buat-buang" menjadi siklus tertutup yang memutar kembali nilai material ke dalam rantai produksi. Dalam ranah arsitektur, konsep ini diwujudkan melalui organisasi ruang yang berfungsi sebagai laboratorium sirkular, di mana bangunan mendemonstrasikan siklus metabolisme material, energi, dan air secara transparan (Korhonen et al., 2018). PLRC di Pintu Air Manggarai menerapkan konsep ini melalui integrasi alur daur ulang mekanik, kimia, dan *upcycling* ke dalam program ruang yang tetap mengutamakan kualitas kenyamanan publik.



Gambar 4. Arsitektur Berkelanjutan dan Ekonomi Sirkular

Sumber: Mellowdesign, 2025

Strategi desain PLRC merajut seluruh aktivitas—mulai dari titik penerimaan sampah hingga ruang edukasi—ke dalam satu kontinuitas alur (*spatial flow*) yang tak terputus. Melalui integrasi sirkulasi ini, bangunan menjalankan peran ganda: sebagai fasilitas pengolahan yang fungsional secara teknis dan sebagai ruang selasar observasi yang edukatif. Dengan demikian, arsitektur tidak lagi dipandang sebagai entitas statis, melainkan sebagai infrastruktur aktif yang mawadahi ekosistem perkotaan yang berkelanjutan melalui konektivitas ruang yang bernilai ekonomi.

Teknologi dan Alur kegiatan Pemilahan serta Pengolahan Sampah Plastik

Teknologi pengolahan plastik berperan sebagai poros utama yang menggerakkan prinsip ekonomi sirkular ke dalam upaya nyata. Dengan rangkaian proses terintegrasi, PLRC tidak hanya berhasil mengurangi volume limbah plastik yang menumpuk, melainkan juga mengubahnya menjadi sumber energi serta bahan konstruksi yang dapat digunakan kembali. Pengolahan sampah plastik menuntut kehadiran teknologi yang dapat menyesuaikan diri dengan karakteristik bahan sekaligus mengakomodasi volume limbah yang dihasilkannya. Secara umum, teknologi pengolahan plastik dibagi menjadi tiga jalur utama yaitu *mechanical recycling*, *chemical recycling*, dan *upcycling*. Berdasarkan tiga pendekatan teknologi tersebut, tiap jenis plastik menampilkan karakteristik material serta potensi yang beragam. Perbedaan ini menentukan metode paling efektif untuk didaur ulang atau diolah kembali melalui proses pirolisis, gasifikasi, maupun *upcycling*.

Tabel 2. Jenis-Jenis Sampah Plastik

Jenis Plastik	Sub-Klasifikasi	Potensi Proses
PET, HDPE	Botol minuman, wadah cairan	Pirolisis → minyak dan syngas
PP, PVC multilayer	Tutup botol, label kemasan	Upcycle → ecobrick, panel bangunan
LDPE, Styrofoam	Kantong kresek, wadah makanan	Gasifikasi → LPG dan listrik
Mikropastik	Fragmen kecil, residu filter	Tidak masuk pirolisis; untuk filtrasi air

Sumber: DLH DKI Jakarta, 2022 dan Cordova et al., 2024

Tabel 3 menunjukkan bahwa klasifikasi jenis plastik menjadi dasar penentuan program ruang di PLRC. Secara spasial, perbedaan teknologi ini menciptakan hirarki ruang: dari zona 'kotor/industri' untuk pengolahan LDPE dan *Styrofoam*, hingga zona 'bersih/kreatif' untuk *upcycling* botol PET. Identifikasi ini memungkinkan terciptanya sistem pengolahan efisien dengan alur sirkulasi (*material flow*) yang terkoordinasi, menghubungkan titik penerimaan limbah dari sungai langsung ke unit pengolahan yang relevan.

Lebih dari sekadar fasilitas teknis, PLRC mengintegrasikan teknologi ini sebagai media edukatif yang ditampilkan secara terbuka kepada publik. Dengan memperlihatkan proses pengolahan secara transparan, bangunan ini berperan sebagai sarana pembelajaran dan pemberdayaan masyarakat. Pendekatan tersebut mengubah pandangan masyarakat terhadap nilai sampah plastik, sekaligus menumbuhkan budaya ekonomi sirkular yang berkelanjutan di lingkungan perkotaan.

Fasilitas Edukasi, Riset, dan Ruang Publik dalam Arsitektur

Fasilitas publik di era kini tidak lagi terbatas pada fungsi teknis semata, melainkan memegang peran krusial dalam membentuk interaksi spasial yang edukatif. Sebuah ruang publik yang efektif adalah yang mampu menciptakan aksesibilitas visual dan fisik, memfasilitasi pembelajaran melalui pengalaman ruang, serta mempererat hubungan manusia dengan ekosistemnya. Konsep *learning and recycling center* menekankan pentingnya menggabungkan fungsi pendidikan dengan pengelolaan limbah dalam satu organisasi ruang hibrida. Dengan

strategi ini, fasilitas pengolahan limbah bertransformasi menjadi pusat inovasi yang adaptif terhadap dinamika kawasan Pintu Air Manggarai (Gehl, 2010). Secara arsitektural, PLRC menerapkan zonasi fleksibel yang memungkinkan warga menyelami nilai material melalui ruang pameran interaktif, berpartisipasi dalam ruang kerja (*workshop*) yang terbuka, serta terlibat dalam riset kolaboratif dalam ruang laboratorium yang terintegrasi, menciptakan sebuah ekosistem belajar yang menyatu dengan aktivitas produksi.

Studi Preseden Fasilitas Pengolahan Sampah

Studi preseden internasional menunjukkan pergeseran paradigma dari sistem pembuangan linear ke model tertutup yang mengintegrasikan aspek teknologi, sosial, dan ekologis. *Cycle-O Waste Recycling Center* di Mesir (Khairy, 2024) memadukan sistem *anaerobic digester* dengan laboratorium terbuka guna melibatkan warga dalam produksi energi dan material secara inklusif. Sementara itu, *Garbage Classification and Recycling Center* di Shanghai (He, 2020) menonjolkan transparansi operasional melalui desain ruang terbuka dan galeri interaktif yang menampilkan proses transformasi sampah menjadi material baru bagi publik.

Dalam konteks lokal, *Purple Plastic Community* di Kepulauan Seribu mengadaptasi teknologi pirolisis melalui penggunaan reaktor mini untuk mengolah plastik menjadi bahan bakar kapal nelayan. Inisiatif ini membuktikan efektivitas teknologi pengolahan sampah yang bersifat desentralisasi dan berbasis pemberdayaan masyarakat. Secara keseluruhan, integrasi fungsi industri, edukasi, dan partisipasi publik merupakan pendorong utama terciptanya arsitektur regeneratif yang memperkuat kesadaran ekologis di wilayah urban.



Gambar 5. Studi Preseden Proyek Arsitektur Pengolahan Sampah
Sumber: (a) Behance, 2023; (b) Evolo, 2019; (c) Evolo, 2020; dan (d) Landscape.id

Tabel 3. Ringkasan Studi Preseden Fasilitas Pengolahan Sampah

Proyek	Fokus Utama
Cycle-O Waste Recycling Center, Mesir (2024)	Integrasi edukasi & pengolahan limbah organik dan plastik
Methanescraper, Serbia (2019)	Pengubahan limbah kota menjadi energi vertikal
Garbage Classification & Recycling Center, Shanghai (2020)	Transparansi proses daur ulang bagi masyarakat
Purple Plastic Community, Kepulauan Seribu (2023)	Pengolahan plastik melalui pirolisis komunitas

Sumber: Khairy, 2024; Dragicevic, 2019; He, 2020; dan Purple Plastic Community, 2023

Dari empat studi yang dikaji, mengungkapkan bahwa fasilitas pengolahan sampah dapat beralih fungsi menjadi ruang edukatif dan sosial yang aktif, melampaui sekadar tempat pemrosesan limbah. Integrasi teknologi, pendidikan, dan partisipasi masyarakat menjadi pendorong utama terciptanya arsitektur regeneratif yang tidak hanya mengembalikan kondisi lingkungan, tetapi juga memperkuat kesadaran ekologis.

3. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif melalui pendekatan regeneratif yang

berlokasi di kawasan Pintu Air Manggarai dengan luasan tapak sebesar 7.232 m² yang berfokus pada studi karakteristik dan tren sampah plastik di Sungai Ciliwung sebagai basis data perancangan. Data primer diperoleh melalui observasi alur masuk sampah dan dinamika transportasi limbah oleh Dinas Lingkungan Hidup, sementara data sekunder merujuk pada angka timbulan sampah harian sebesar 600-700 ton saat musim hujan serta spesifikasi teknis mesin pirolisis dan gasifikasi. Metode perancangan dilakukan secara sistematis melalui fase analisis tapak, pemetaan alur sirkulasi material (*waste-flow*) dari sampah sungai ke ruang konversi, serta sintesis desain berbasis metabolisme bangunan yang memisahkan zonasi industri risiko tinggi dengan area publik edukatif. Strategi desain diakhiri dengan penerapan prinsip ekonomi sirkular melalui penggunaan material daur ulang menjadi beberapa produk yang salah satunya adalah panel bangunan dan pemanfaatan hasil pirolisis dan gasifikasi sebagai sumber energi, guna memvalidasi peran bangunan sebagai infrastruktur pemulih ekologi di kawasan Manggarai.

4. DISKUSI DAN HASIL

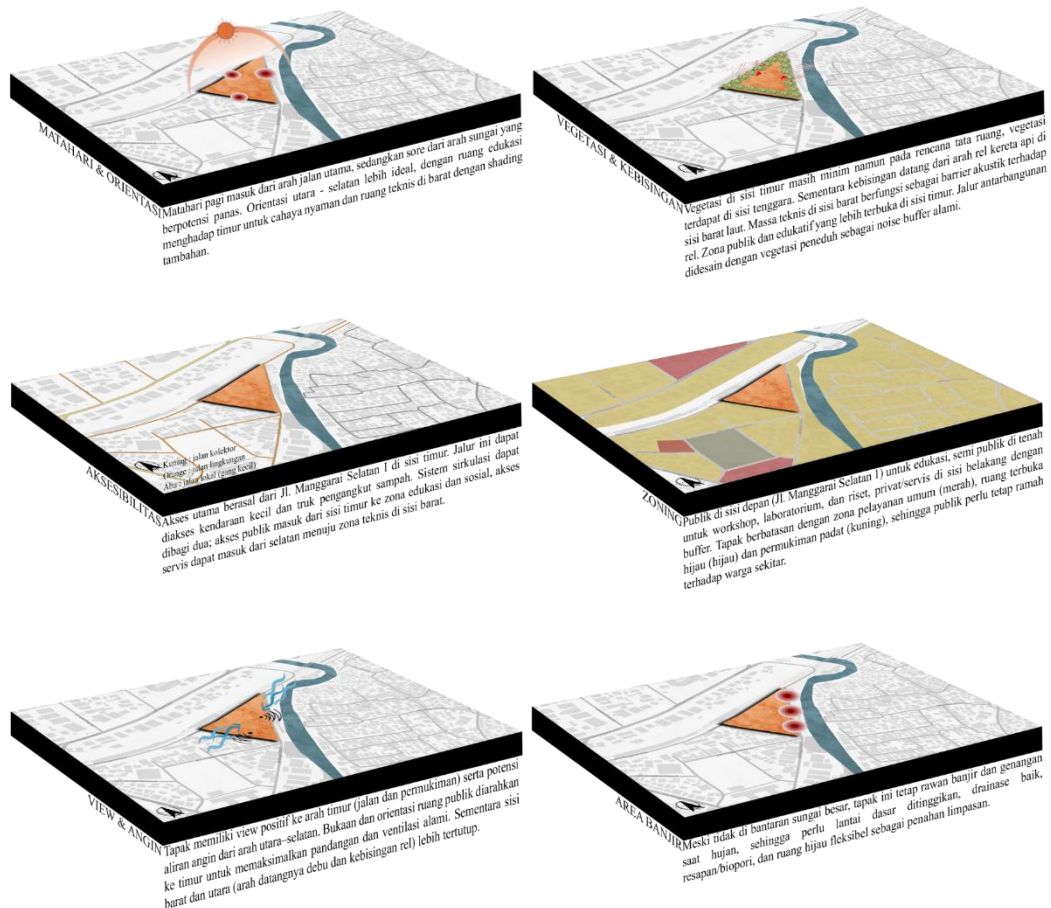
Analisis Kawasan dan Tapak

Tapak perancangan ini memiliki lokasi strategis karena bersinggungan langsung dengan aliran Sungai Ciliwung dan jaringan jalan kolektor, yang memungkinkan integrasi antara sistem penangkapan limbah sungai dengan distribusi logistik hasil olahan energi. Namun, posisi tapak di area cekungan menciptakan risiko banjir yang sangat tinggi, sementara bentuk lahan segitiga yang tidak beraturan serta kepadatan permukiman di sekelilingnya menentukan geometri gubahan massa harus adaptif terhadap batasan fisik tapak. Kondisi eksisting menunjukkan bahwa sungai masih diperlakukan sebagai infrastruktur belakang yang terisolasi, di mana penumpukan mikroplastik dan polusi bau telah merusak kualitas ruang publik serta kesehatan masyarakat lokal.



Gambar 6. Kondisi Sekitar Tapak dan Pintu Air Manggarai
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025

Berdasarkan analisis SWOT, permasalahan utama yang diidentifikasi adalah kerentanan integritas struktur terhadap banjir musiman dan erosi tepi sungai yang dapat mengancam operasional teknologi pengolahan limbah. Selain aspek biofisik, terdapat tantangan regulasi pada Zona R-1 (Rumah Kepadatan Rendah) yang menuntut desain bangunan untuk mampu menyamarkan aktivitas industri berat agar tidak mengganggu kenyamanan bermukim. Kurangnya ruang terbuka hijau di sekitar tapak juga memperberat beban drainase lokal, sehingga menempatkan bangunan ini pada posisi kritis untuk tidak hanya mengelola limbahnya sendiri, tetapi juga berfungsi sebagai sistem penyaring limpasan air bagi kawasan sekitarnya.



Gambar 7. Sintesis Tapak
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Sebagai solusi, strategi arsitektur regeneratif diterapkan dengan membagi tapak secara hirarkis ke dalam empat zonasi fungsional untuk merespons kompleksitas lahan. Zona teknis diletakkan pada area lahan yang lebih luas guna meminimalisir dampak kebisingan mesin, sementara zona publik dan edukasi ditempatkan pada sudut tajam tapak untuk menciptakan fasad yang lebih inklusif bagi masyarakat. Di sepanjang bantaran sungai, diterapkan zona buffer berupa sabuk hijau (*green belt*) dengan sistem fitoremediasi yang berfungsi sebagai filter alami polutan air sekaligus pelindung tanah dari erosi. Melalui pendekatan ini, tapak ditransformasikan dari area residu yang tercemar menjadi infrastruktur pemulih yang mandiri energi dan mampu menyatukan kembali aktivitas sosial warga dengan ekosistem Sungai Ciliwung.

Aktivitas Pengolahan Limbah Plastik

Simulasi kapasitas pengolahan pada PLRC menjadi determinan utama dalam menentukan skala, proporsi, dan parameter volume massa bangunan. Melalui teknologi pirolisis, fasilitas ini memproses 18 ton plastik/hari untuk menghasilkan 22.588 liter *pyro-oil* sebagai bahan bakar

transportasi operasional, serta *char* dan *syngas* untuk kebutuhan *urban farming* dan energi internal gedung. Sementara itu, sistem gasifikasi mengolah 9 ton plastik/hari menjadi energi setara 1.435 tabung LPG 12 kg guna mendukung kemandirian energi bagi rumah tangga dan pelaku usaha di sekitar tapak. Seluruh sistem beroperasi dalam siklus tertutup (*closed-loop*), di mana energi yang dihasilkan kembali menghidupi fungsi operasional bangunan.

Tabel 4. Simulasi Teknologi Pengolahan Plastik

Teknologi	Kapasitas Input	Output Utama	Pemanfaatan
Pirolisis	18 ton/hari (20 mesin)	22.588 liter <i>pyro-oil</i> , 3,2 ton <i>char</i> , 3.200 kg <i>syngas</i>	<i>Pyro-oil</i> untuk bahan bakar transportasi; <i>char</i> untuk urban farming (<i>biochar</i> + kompos); <i>syngas</i> sebagai energi tambahan
Gasifikasi	9 ton/hari (3 mesin)	Energi setara 1.435 tabung LPG 12 kg/hari	LPG untuk kebutuhan rumah tangga dan marketplace sekitar tapak
<i>Upcycle/Recycle</i>	3 ton/hari	<i>Ecobricks</i> , panel bangunan, produk kerajinan	Material konstruksi, furnitur komunitas, serta produk kreatif berbasis daur ulang

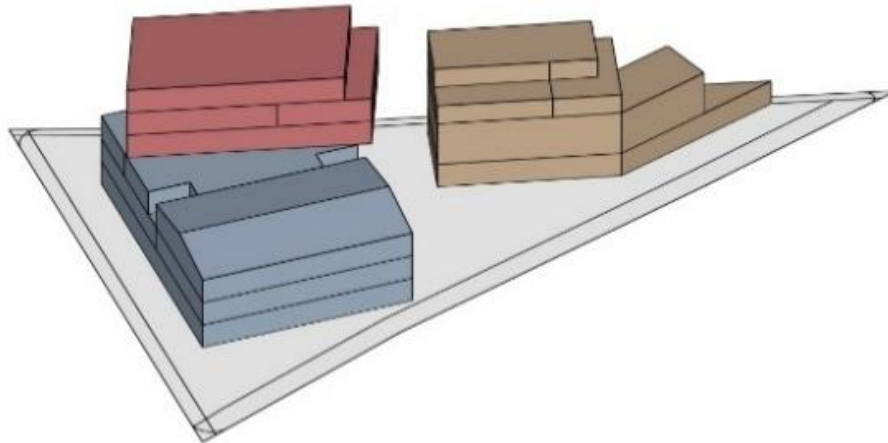
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Secara spasial, kebutuhan teknis pirolisis dan gasifikasi yang bersuhu tinggi menuntut penggunaan material beton masif pada zona teknis di lantai dasar untuk keamanan industri. Penempatan massa di sisi barat tapak bertujuan mengoptimalkan akses logistik limbah serta memanfaatkan angin barat daya-timur laut untuk ventilasi alami reaktor. Sebaliknya, aktivitas *upcycling* dan *workshop* kreatif diposisikan pada lantai 4 guna mendapatkan kualitas ruang publik terbaik dengan pencahayaan alami yang optimal.

Strategi zonasi vertikal dan horizontal ini menciptakan pemisahan operasional yang aman antara sirkulasi material dan lalu lintas pengunjung. Desain gedung memungkinkan adanya koneksi visual bebas hambatan melalui balkon edukasi, sehingga pengunjung dapat menyaksikan proses transformasi limbah di bawahnya tanpa mengganggu aktivitas teknis. Dengan memanfaatkan panas dan listrik dari hasil pemrosesan limbah sendiri, PLRC berfungsi sebagai mesin regeneratif mandiri yang mengintegrasikan fungsi industri pengolahan dengan sarana pembelajaran publik secara koheren.

Program Arsitektur

Desain *Plastic Learning and Recycling Center* (PLRC) menerapkan sistem zonasi lengkap yang menyatukan operasional industri-teknis dengan ruang regenerasi edukatif-sosial. Sistem zonasi ini dihasilkan dari evaluasi dimensi ruang yang diperlukan, fitur-fitur tapak esensial, dan standar arsitektur regeneratif. Perancangan ini berfokus pada upaya menghilangkan stigma antara ruang industri yang biasanya terisolasi dengan ruang publik yang inklusif. PLRC beroperasi melalui empat zona yang terhubung dan mengikuti standar operasional dan edukatif untuk menentukan tata ruangnya. Rincian zonasi dan program spasial, termasuk proporsi zona, fungsi utama, dan kebutuhan massa, dapat dilihat pada Tabel 5. Zonasi dan Program Ruang.



Gambar 8. Bentuk Massa
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Tabel 5. Zonasi dan Program Ruang

Zona	Proporsi (%)	Fungsi Utama	Kebutuhan
Teknis dan Servis	40%	Pirolisis, gasifikasi, <i>upcycle/recycle</i> , gudang, kontrol & monitoring	Membutuhkan bentuk massa tertutup menyerupai kotak untuk efisiensi sirkulasi material
Edukasi dan Inovasi	30%	Laboratorium riset, ruang pameran, <i>workshop</i> , <i>amphitheater</i> , <i>material library</i>	Memerlukan bentuk massa terbuka dan fleksibel dengan multi-level untuk memaksimalkan interaksi vertikal
Publik dan Sosial	20%	<i>Marketplace</i> , <i>garden</i> , ruang komunitas	Memerlukan bentuk organik dan semi terbuka untuk menciptakan suasana rekreatif dan inklusif
Pengelola	10%	Kantor administrasi, ruang staf, ruang kontrol operasional	Membutuhkan bentuk massa linear untuk fungsi kontrol

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Dominasi zona teknis (40%) menuntut struktur yang stabil dan masif sebagai dasar bangunan, sementara proporsi edukasi dan publik (total 50%) menuntut keterbukaan spasial. Desain ini menekankan bahwa arsitektur regeneratif tidak boleh menyembunyikan fungsi industrinya sebaliknya persentase luas ruang teknis yang besar tersebut dimanfaatkan sebagai elemen dasar yang menopang fungsi edukasi di atasnya. Keseimbangan proporsi antara teknis dan edukatif menjadi faktor agar perancangan PLRC dapat berperan sebagai model regeneratif yang menyatukan lingkungan, sosial, dan ekonomi. Desain spasial PLRC menerapkan prinsip *form follows system*, di mana konfigurasi massa ditentukan oleh alur operasional dan standar keamanan industri. Zona teknis diwujudkan melalui struktur kotak masif di lantai dasar untuk melokalisasi risiko emisi dan mengoptimalkan logistik layanan. Sebaliknya, zona pendidikan menggunakan struktur fleksibel dengan bukaan vertikal (*void*) yang memungkinkan koneksi

visual bagi pengunjung untuk mengamati proses teknis secara aman. Sementara itu, zona publik dirancang dengan pendekatan organik semi-terbuka yang terintegrasi dengan ekosistem tepi sungai, menciptakan ruang rekreasi yang inklusif sekaligus berfungsi sebagai area perlindungan ekologis.

Penerapan Prinsip Arsitektur Regeneratif pada Konsep Perancangan Bangunan

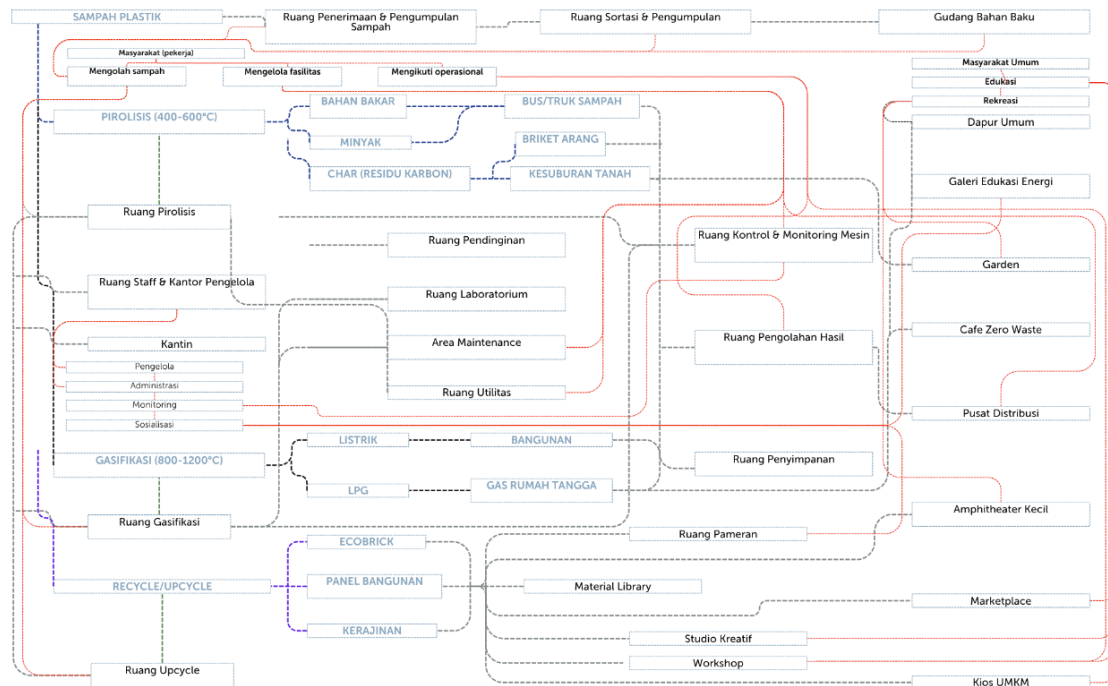
Prinsip arsitektur regeneratif pada proyek PLRC diimplementasikan melalui transformasi tatanan spasial yang memosisikan bangunan sebagai perangkat fisik pemulih ekosistem Sungai Ciliwung. Strategi desain ini berlandaskan pada filosofi 'Metamorfosis Plastik', yang diwujudkan dalam konfigurasi massa bangunan yang mengikuti alur sirkulasi material (*plastic-to-energy-to-material*). Arsitektur tidak lagi dirancang sebagai objek statis, melainkan sebagai ruang fungsional yang aktif yang mengintegrasikan unit produksi energi ke dalam struktur bangunan, sehingga menciptakan hubungan timbal balik antara ruang dalam bangunan dengan kebutuhan sumber daya di kawasan Manggarai. Penerapan prinsip ini dijabarkan ke dalam empat pilar implementasi utama yang merangkum aspek teknologi, spasial, dan sosial:

Tabel 6. Penerapan Prinsip Arsitektur Regeneratif pada PLRC

Aspek Regeneratif	Implementasi pada PLRC
Pemulihan Ekologis	Penerapan taman resapan dan garden di sepanjang tepi tapak untuk menyerap air hujan dan meningkatkan biodiversitas lokal
Energi Terbarukan	Pemanfaatan <i>syngas</i> dan <i>pyro-oil</i> hasil pengolahan plastik untuk energi operasional bangunan serta panel surya sebagai sistem <i>hybrid</i> .
Sirkularitas Material	Struktur modular dari baja daur ulang dan panel <i>upcycle</i> hasil produksi internal PLRC.
Keterlibatan Sosial	Makerspace, galeri material, dan ruang pameran terbuka yang memperlihatkan proses pengolahan plastik secara langsung kepada masyarakat.
Pemulihan Tapak	Rehabilitasi tanah dan air menggunakan vegetasi lokal penyaring logam berat.

Sumber: Olahan Penulis, 2025

Implementasi konsep metamorfosis ini diwujudkan dalam organisasi ruang yang mengikuti alur proses konversi limbah. Secara vertikal, zonasi disusun untuk menjamin keamanan publik tanpa memutus hubungan visual antar level; menempatkan reaktor suhu tinggi di lantai dasar dengan material beton masif, sementara area kreatif seperti *makerspace* dan galeri diletakkan di elevasi yang lebih tinggi. Dengan demikian, arsitektur berperan sebagai filter aktif yang secara fisik mengolah 700 ton sampah harian dan secara sosial meregenerasi pola pikir masyarakat, mengubah persepsi limbah menjadi elemen yang menghidupkan kembali martabat lingkungan perkotaan.



Gambar 9. Alur Kegiatan Pengolahan
Sumber: Olahan Penulis, 2025

Tabel 7. Keterangan Warna dalam Diagram Alur Pengolahan

Warna (Garis)	Fungsi Spasial	Keterangan
Biru	Alur pengolahan/material dan servis	Jalur pergerakan limbah plastik dari penerimaan hingga menjadi produk akhir atau energi.
Merah	Alur Pengunjung dan Edukasi	Jalur pergerakan pengunjung yang dirancang untuk mengamati proses di zona biru.
Abu	Alur Interaksi Komunitas	Jalur yang menghubungkan bangunan dengan lingkungan sekitar.

Sumber: Olahan Penulis, 2025

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Plastic Learning and Recycling Center (PLRC) di Pintu Air Manggarai menunjukkan bagaimana arsitektur regeneratif berfungsi sebagai alat untuk restorasi ekologi dan pemberdayaan sosial melalui desainnya. Desain arsitekturnya menggunakan zonasi vertikal dengan menempatkan Zona Teknis (Pirolisis dan Gasifikasi) di permukaan tanah, sementara Zona Pendidikan dan Publik menempati lantai atas yang menghubungkan kegiatan industri dengan penduduk setempat. Prinsip arsitektur regeneratif mencapai restorasi ekosistem sungai yang fungsional melalui sistem konversi plastik menjadi energi menjadi material yang menghasilkan energi alternatif dan menciptakan lanskap fitoremediasi serta taman resapan di sepanjang tepian sungai. Desain bangunannya mengikuti prinsip aliran melingkar melalui pengaturan massa yang memisahkan area pemrosesan material dari area publik, sekaligus mempertahankan pemandangan terbuka yang menciptakan dampak positif dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut melalui penyelidikan mendalam tentang efisiensi teknologi pirolisis dan gasifikasi, serta evaluasi kinerja emisinya, guna meningkatkan keberlanjutan sistem secara keseluruhan. PLRC menuntut penerapan sistem manajemen partisipatif yang melibatkan masyarakat secara aktif, baik dalam pengelolaan fasilitas maupun dalam program pendidikan lingkungan. Selanjutnya, penelitian ini harus menelusuri bagaimana

material daur ulang dapat diintegrasikan ke dalam konstruksi arsitektur regeneratif, sehingga tercipta model yang dapat direplikasi untuk pembangunan perkotaan berkelanjutan di kota lain.

REFERENSI

- Aprilia, M., Effendi, H., & Hariyadi, S. (2022). Water quality status based on Pollution Index and Water Quality Index of Ciliwung River, DKI Jakarta Province. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, 1109, 012051. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012051?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle
- Cordova, M. R., Kelly, M. R., Hafizt, M., Wibowo, S. P. A., Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., Yogaswara, D., Kaisupy, M. T., Subandi, R., Sani, S. Y., Thompson, R. C., & Jobling, S. (2024). From riverbank to the sea: An initial assessment of plastic pollution along the Ciliwung River, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 206, 16662. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116662>
- Effendi, H., Aprilia, M., Permatasari, P. A., Amalo, L. F., Hariyadi, S., & Wardiatno, Y. (2024). Environmental DNA Biomonitoring in Urban River Ecosystem: A Ciliwung River Case Study, 33(6), 6127-6134. <https://doi.org/10.15244/pjoes/184633>
- Fauzia, F. A., Mahendra, A. P. D., Anggraheni, E., Haulussy, J. C., Bernier, N., & Pratama, M. A. (2023). Analisis Timbulan dan Karakteristik Komposisi Sampah di Bagian Tengah Sungai Ciliwung. *Jurnal Serambi Engineering*, 3(1), 4593-4601. doi:10.32672/jse.v8i1.5568
- Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Island Press.
- Hasan, M. M., Haque, R., Jahirul, M. I., & Rasul, M. G. (2025). Pyrolysis of plastic waste for sustainable energy Recovery: Technological advancements and environmental impacts. *Energy Conversion and Management*, 326, 119511. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119511>
- He, J. (2020). *Garbage Classification and Recycling Center in Shanghai*. Plus 8 Archistudio.
- Khairy, H. (2024). *Cycle-O: A Learning and Recycling Center in Cairo*.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppala, J. (2018). *Circular Economy : The Concept and its Limitations*. *Ecological Economics*, 142, 37-46. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.06.041
- Laghezza, M. (2024). A review on the pyrolytic conversion of plastic waste into fuels and chemicals. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 6(2), 89-104. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2024.106479>
- Mang, P., Reed, B. (2020). *Regenerative Development and Design*. In: Loftness, V. (eds) *Sustainable Built Environments*. *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology Series*. 115-141. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0684-1_303?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle
- Martinez, G. A., Carrizo, M. V., & Devaud, L. A. (2023). *Microplastic Particles' Effects on Aquatic Organisms and Their Role as Transporters of Organic Pollutants*. *Water*, 15, 2915. <https://doi.org/10.3390/w15162915>
- Megaprastio, B., Syamsiro, M., Saputro, M. A., & Rina, H. (2023). Teknologi Pirolysis untuk Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak : Kajian Literatur. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 229-240. <https://doi.org/10.32497/jrm.v18i2.4443>
- Pratama, M. A., & Constantine, D. M. (2023). A Spatiotemporal Analysis of Organic Pollutants Contamination in Ciliwung River, Indonesia. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 6(2), 198-210. <https://doi.org/10.7454/jid.v6.i2.1119>
- Wiratno, E. N., Herawati, E. Y., Aleyda, A. N., & Putri, A. K. S. (2025). Analisis Komparatif Kualitas Air Sungai Ciliwung Menggunakan *Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI)* dan *Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI)*. *Water and Marine Pollution Journal: PoluSea*, 3(1), 1-18. <https://doi.org/10.21776/ub.polusea.2025.003.01.1>