

Perancangan Kawasan Produksi Batu Bata Sirkular: Zonasi Material, energi dan Air di Kelurahan Talang Betutu, Kota Palembang

Design of Circular Brick Production District: Material, Energy, and Water Zoning in Talang Betutu, Palembang

Fajar Sadik Islami¹, Tri Woro Setiati², Faizah Suryani³

^{1,2}Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti,
Jl. Kapt A Marzuki No. 2446

³Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri,
Jl. Jend. Sudirman Km.4 No. 62, 20 Ilir D. IV, Palembang, Sumatera Selatan 30129
fajar@univ-tridinanti.ac.id

[Diterima 12/04/2026, Disetujui 26/05/2026, Diterbitkan 28/06/2023]

Abstrak

Perkembangan sentra industri batu bata di kawasan Talang Betutu berlangsung secara tidak terarah, sehingga banyak sentra yang berada di tengah-tengah permukiman atau perumahan. Kondisi ini menimbulkan beberapa permasalahan terhadap lingkungan dan infrastruktur. Aktivitas pembakaran yang terjadi juga menghasilkan emisi yang berpotensi menurunkan kualitas udara, serta-mobilisasi material dengan truck pengangkut melalui jalan lingkungan menyebabkan kerusakan infrastruktur. Kondisi ini memberikan celah bahwa perlunya pengaturan struktur ruang kawasan khususnya untuk sentra industri batu bata. Tujuan dari penelitian ini adalah merumuskan model perancangan kawasan sentra industri batu bata dengan pendekatan ekonomi sirkular melalui integrasi aliran material, energi dan air dalam struktur spasial kawasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi spasial eksisting tidak memiliki zonasi produksi yang jelas, sehingga aliran material tidak efisien dan konsumsi energi transportasi tinggi. Konsep *productive circular landscape* diusulkan melalui prinsip *linear production flow* yang mengorganisasi zona material, produksi basah, pengeringan dan energi. Kolam eks-galian diintegrasikan sebagai *water-based spatial structure* untuk mendukung sistem air dan iklim mikro kawasan. Model ini berpotensi mengurangi dampak lingkungan terhadap permukiman, serta menekan kerusakan infrastruktur akibat distribusi material yang tidak terkontrol.

Kata kunci: Perancangan-kawasan-industri; batu-bata; ekonomi-sirkular; MFA; GIS

Abstract

The development of brick production clusters in Talang Betutu has occurred in an unstructured manner, with many units located within residential areas. This condition creates environmental and infrastructural issues, including air pollution from combustion processes and road deterioration caused by heavy truck traffic. These problems indicate the absence of an effective spatial planning framework for organizing production activities. This study aims to develop a spatial design model for a brick production district based on circular economy principles by integrating material, energy, and water flows. The findings reveal that the existing spatial configuration lacks clear production zoning, resulting in inefficient material flows and high transportation energy consumption. A *productive circular landscape* model is proposed through a *linear production flow* approach, organizing material, wet processing, drying, and energy zones. Excavation ponds are integrated as a *water-based spatial structure* to enhance resource efficiency and microclimate regulation. This model demonstrates potential to improve spatial efficiency, reduce environmental impacts, and minimize infrastructure damage, while contributing a spatial design framework for circular small-scale industrial clusters.

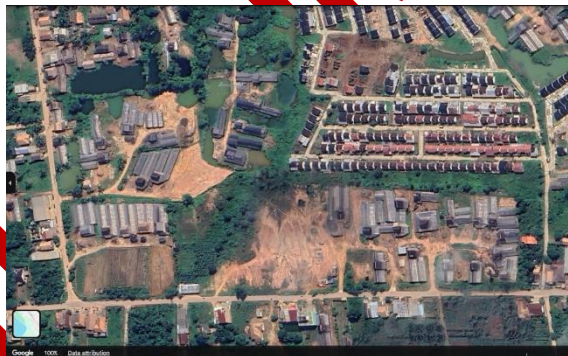
Keywords: Circular Economy; Material Flow Analysis (MFA); Industrial Spatial Design; Brick Production Cluster; GIS-based Planning

©Jurnal Arsir Universitas Muhammadiyah Palembang
p-ISSN 2580-1155
e-ISSN 2614-4034

Pendahuluan

Industri batu bata merupakan salah satu sektor konstruksi berbasis material lokal yang memiliki peran penting dalam mendukung pembangunan kawasan perkotaan di Indonesia. Sebagai material konstruksi konvensional, batu bata memiliki karakter produksi yang sangat bergantung pada ketersediaan sumber daya lokal, khususnya tanah liat, air, serta energi panas untuk proses pembakaran. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, industri berbasis material mineral seperti batu bata memiliki posisi strategis karena berkontribusi langsung terhadap rantai pasok sektor konstruksi sekaligus berpotensi menimbulkan tekanan lingkungan apabila tidak dikelola secara efisien (Pomponi & Moncaster, 2017; Geissdoerfer et al., 2017). Namun, perkembangan kawasan produksi batu bata di banyak wilayah Indonesia cenderung berlangsung secara organik tanpa perencanaan spasial yang memadai, sehingga menghasilkan konfigurasi ruang yang tidak efisien serta berpotensi menimbulkan dampak lingkungan dan konflik pemanfaatan lahan.

Hasil observasi di Kelurahan Talang Betutu menunjukkan bahwa kawasan industri batu bata berkembang tanpa struktur ruang yang jelas. Penyebaran unit produksi mengikuti pola kepemilikan lahan individu dan tidak mempertimbangkan keterkaitan antara lokasi produksi, sumber material, maupun jaringan infrastruktur Kawasan (Gambar 1). Perubahan fungsi lahan akibat ekspansi permukiman menyebabkan sumber material tanah liat tidak lagi tersedia secara lokal, sehingga pelaku industri bergantung pada pasokan material dari wilayah lain dengan jarak ± 15 km. Pergeseran ini menyebabkan peningkatan jarak aliran material (*material flow length*) dan konsumsi energi transport, sehingga sistem produksi berubah dari semi-sirkular berbasis sumber daya lokal menjadi sistem linear yang bergantung pada input eksternal (Pauliuk & Hertwich, 2015; Lanau et al., 2019). Kondisi ini menunjukkan terjadinya perubahan metabolisme kawasan produksi yang mempengaruhi efisiensi energi serta keberlanjutan sistem produksi secara keseluruhan.



Gambar 1. Citra Satelit salah satu Kawasan Sentra Industr Batu Bata yang dekat dengan permukiman dan perumahan.

Selain berdampak pada efisiensi sistem produksi, penyebaran industri batu bata yang tidak terarah di tengah kawasan permukiman juga menimbulkan permasalahan infrastruktur, khususnya kerusakan jalan lingkungan akibat mobilitas material menggunakan kendaraan berat. Distribusi tanah liat dari luar kawasan dilakukan menggunakan truk dengan frekuensi tinggi selama musim produksi, sementara sebagian besar jaringan jalan di kawasan permukiman tidak dirancang untuk menahan beban kendaraan berat secara berulang. Kondisi ini menyebabkan degradasi kualitas jalan lingkungan, meningkatkan biaya pemeliharaan infrastruktur, serta menimbulkan konflik antara aktivitas industri dan aktivitas domestik masyarakat. Fenomena ini menunjukkan bahwa ketidakteraturan struktur ruang produksi tidak hanya berdampak pada efisiensi sistem industri, tetapi juga pada ketahanan infrastruktur kawasan permukiman (Setyowati & Nugroho, 2017; Arifin et al., 2021).

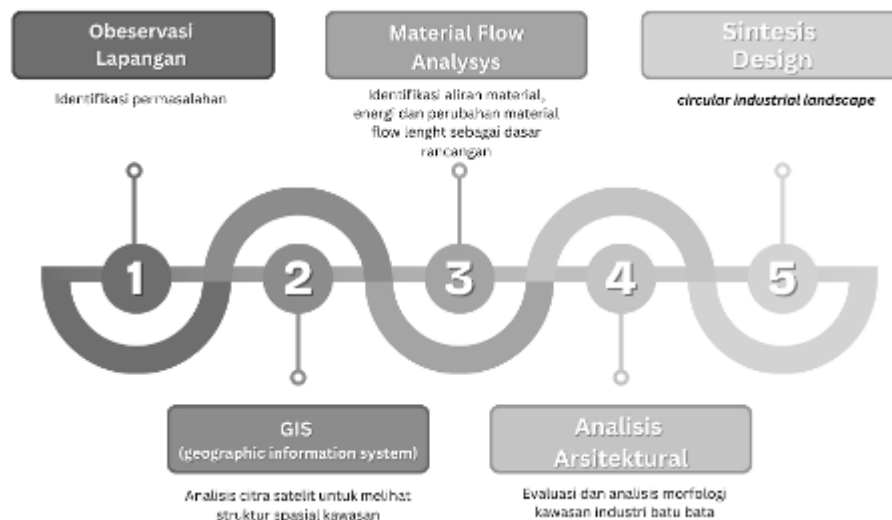
Dalam perspektif ekonomi sirkular, sistem produksi idealnya membentuk hubungan timbal balik antara material, energi, dan lingkungan melalui siklus tertutup yang efisien,

sehingga mampu mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya eksternal serta meminimalkan limbah (Kirchherr et al., 2017; Kalmykova et al., 2018). Pendekatan *Material Flow Analysis* (MFA) memungkinkan identifikasi perubahan struktur aliran material dan energi dalam sistem produksi secara kuantitatif, sehingga dapat diketahui sejauh mana sistem produksi bergeser dari pola lokal menuju sistem linear (Brunner & Rechberger, 2017). Sementara itu, *Sistem Informasi Geografis* (SIG) memungkinkan analisis kesesuaian lahan berdasarkan parameter spasial seperti topografi, aksesibilitas, kedekatan terhadap sumber daya lokal, serta jarak aman terhadap permukiman (Malczewski, 2020). Studi-studi berbasis MFA dan GIS selama ini didominasi oleh analisis pada skala kota dan industri formal, sehingga penerapannya dalam zonasi spasial skala mikro pada sentra industri informal belum banyak dikaji. Oleh karena itu, integrasi kedua pendekatan ini memungkinkan perumusan strategi perancangan kawasan yang tidak hanya mempertimbangkan efisiensi proses produksi, tetapi juga keberlanjutan hubungan antara sistem industri dan lingkungan binaan, khususnya pada sentra industri batu bata.

Penelitian ini bertujuan merumuskan konsep perancangan kawasan sentra industri batu bata berbasis *productive circular landscape*, yaitu model lanskap produktif yang mengintegrasikan sistem material, energi, dan air ke dalam struktur spasial kawasan yang efisien dan berkelanjutan. Konsep ini menempatkan konfigurasi ruang sebagai instrumen untuk memperpendek aliran material, mengoptimalkan pemanfaatan energi panas, serta mengintegrasikan sistem air lokal sebagai bagian dari infrastruktur ekologis kawasan. Melalui pendekatan ini, kawasan industri batu bata tidak hanya dipahami sebagai kumpulan unit produksi, tetapi sebagai sistem metabolisme spasial yang mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memperkuat ketahanan lingkungan kawasan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed-methods* yang mengintegrasikan analisis kuantitatif berbasis *Material Flow Analysis* (MFA) dan *Geographic Information Systems* (GIS) dengan analisis kualitatif melalui observasi lapangan dan interpretasi morfologi kawasan. Dalam konteks keilmuan arsitektur, penelitian ini termasuk dalam kategori *research by design* (RbD), di mana hasil analisis diterjemahkan menjadi model perancangan kawasan berbasis sistem. Secara tujuan, penelitian ini merupakan *applied research* yang bertujuan menghasilkan solusi desain berbasis prinsip ekonomi sirkular.



Gambar 2. Tahapan penelitian

Pendekatan kualitatif dilakukan melalui observasi lapangan dan interpretasi morfologi kawasan untuk memahami konfigurasi ruang produksi serta keterkaitan antar zona aktivitas. Dalam konteks keilmuan arsitektur, penelitian ini mengadopsi pendekatan

research by design (RbD) yang dipadukan dengan prinsip *design by research*, dimana proses perancangan didasarkan pada hasil analisis sistemik yang terukur. Sintesis desain dilakukan melalui pengembangan konsep *linear production flow* dan *water-based spatial structure* sebagai strategi integrasi sistem material, energi, dan air dalam struktur spasial kawasan produksi batu bata berbasis ekonomi sirkular.

Teknik Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode berikut:

(a) Observasi Lapangan

Pengamatan langsung di lapangan dilakukan selama 1 (satu) bulan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting kawasan produksi batu-bata termasuk tata letak produksi, sistem pengeringan, lokasi tungku serta hubungan dengan permukiman. Unit yang diamati sebanyak 3 (tiga) unit produksi yang berbeda berdasarkan jumlah produksi bata perhari (5000, 10.000, >20.000 bata/hari).

(b) Analisis Citra Satelit dan GIS

Analisis GIS dalam penelitian ini difokuskan pada pemetaan distribusi spasial unit produksi, indentifikasi pola hubungan Kawasan dengan permukiman, serta visualisasi aliran material bebrbasis data koordinat lapangan. Pendekatan ini berfungsi sebagai dasar interpretasi morfologi Kawasan, bukan hanya sebagai analisis kesesuaian lahan parametrik.



Gambar 3. Alur aktifitas produksi batu-bata

(c) Dokumentasi Aktivitas Produksi

Meliputi tahapan produksi batu bata, mulai dari pengadaan material, pencetakan, pengeringan hingga pembakaran.

(d) Studi Literatur

Digunakan untuk memperkuat kerangka teoritis terkait ekonomi sirkular, MFA dan perancangan Kawasan industry.

Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan, diantaranya (1) analisis spasial berbasis GIS; (2) *material flow analysis*; (3) analisis morfologi arsitektur. Tiga tahapan analisis ini akan mengarahkan pada sintesa desain perancangan kawasan sentra industri bata-bata dengan pendekatan ekonomi sirkular. Pendekatan ini mengacu pada prinsip bahwa desain spasial

dapat berfungsi sebagai instrumen untuk mengoptimalkan aliran material dan energi dalam sistem industri (Itanola, dkk, 2026).

Tabel 1. Metode Analisis Penelitian

Jenis Analisis	Fungsi Analisis	Output yang Dihasilkan
Analisis Spasial Berbasis GIS	Mengidentifikasi pola penyebaran unit produksi, hubungan dengan permukiman, aksesibilitas jaringan jalan, serta potensi konflik ruang. Mengevaluasi kesesuaian lokasi industri terhadap parameter lingkungan dan infrastruktur.	Peta distribusi spasial industri batu bata, peta hubungan dengan permukiman, peta aksesibilitas jalan, serta peta konflik ruang dan kesesuaian lahan.
Material Flow Analysis (MFA)	Mengidentifikasi sumber material (lokal vs eksternal), menghitung jarak aliran material (<i>material flow length</i>), serta menganalisis hubungan antara aliran material dan konsumsi energi.	Diagram aliran material dan energi, nilai jarak aliran material, serta evaluasi efisiensi sistem produksi (lokal vs linear system).
Analisis Morfologi Arsitektural	Memahami konfigurasi ruang produksi, pola hubungan antar fungsi (material–produksi–pengeringan–tungku), serta karakter bentuk bangunan produksi. Mengidentifikasi ketidakteraturan struktur ruang.	Diagram konfigurasi ruang produksi, pola hubungan fungsi produksi, serta identifikasi tipologi bangunan dan pola spasial eksisting.
Sintesis Desain Kawasan	Mengintegrasikan hasil analisis menjadi konsep perancangan kawasan berbasis ekonomi sirkular melalui zonasi dan struktur spasial yang terarah.	Konsep zonasi berbasis <i>linear production flow</i> , model <i>water-based spatial structure</i> , serta desain kawasan berbasis <i>productive circular landscape</i> .

Secara keseluruhan, metode penelitian yang digunakan mengintegrasikan analisis spasial, MFA dan morfologi arsitektural dalam satu alur kerja sistemik untuk memahami hubungan antara struktur ruang dan aliran sumber daya pada kawasan produksi. Integrasi tersebut kemudian diterjemahkan melalui pendekatan *research by design* sehingga menjadi model perancangan kawasan berbasis ekonomi sirkular.


Dengan demikian, metode yang digunakan tidak hanya menghasilkan pemetaan kondisi eksisting, tetapi juga menjadi dasar strategi perancangan kawasan yang mampu mengefisienkan aliran material dan energi. Selain itu juga bertujuan untuk mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan dan kerusakan terhadap infrastruktur kawasan.

Hasil dan Pembahasan

Konfigurasi Spasial Kawasan Produksi

Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa kawasan produksi batu bata di Kelurahan Talang etutu berkembang secara organik tanpa struktur ruang yang terencana. Interpretasi citra satelit dan observasi lapangan mengidentifikasi tiga pola utama penyebaran, yaitu pola klaster organik, linear mengikuti jaringan jalan, dan pola campuran dengan permukiman. Pola ini terbentuk akibat pemanfaatan lahan berbasis kepemilikan individu, tanpa adanya pengaturan zonasi produksi yang jelas.

Tabel 2. Analisis Spasial Kawasan Produksi (Eksisting)

Zona	Foto Satelit	Analisis
Zona 1		Total industri : 112 bedeng (aktif) Pola penyebaran : <i>Cluster – organic</i> (berkelompok tanpa pola teratur) Bedeng berada di dekat badan-badan air.

Zona	Foto Satelit	Analisis
		Orientasi massa bangunan industry batu bata acak. Tipologi bangunan : Persegi Panjang (dominan); Persegi (10%)
Zona 2		Total industri : >300 bedeng (aktif) Pola penyebaran : linear dengan akses jalan Orientasi massa bangunan industry batu bata Utara- Selatan (dominan) Tipologi bangunan : Persegi Panjang (dominan)
Zona 3		Total industri : 112 bedeng (aktif) Pola penyebaran : <i>linear</i> Bedeng berada di tengah permukiman Orientasi massa bangunan industry batu bata : Utara - Selatan Tipologi bangunan : Persegi Panjang (dominan)

Transformasi penggunaan lahan dari area ekstraksi tanah menjadi permukiman menyebabkan terjadinya perubahan fungsi ruang yang signifikan. Lahan yang sebelumnya menjadi sumber material utama kini tidak lagi tersedia, sehingga hubungan spasial antara lokasi produksi dan sumber material menjadi terputus. Meskipun demikian, kolam eks-galian tetap menjadi elemen yang konsisten hadir pada setiap unit produksi dan berfungsi sebagai sumber air lokal dan area penyerapan air hujan.

Secara arsitektural, kondisi ini menunjukkan bahwa struktur kawasan tidak dibentuk oleh sistem produksi, melainkan didasarkan pada dinamika kepemilikan lahan. Kondisi ini mengakibatkan konfigurasi spasial tidak mampu mendukung efisiensi aliran material maupun pengendalian dampak lingkungan.

Perubahan Struktur Aliran Material dan Energi (Pendekatan MFA)

Analisis menggunakan *material flow analysis* (MFA) menunjukkan adanya perubahan mendasar dalam sistem produksi. Pada fase awal, material diperoleh dari lokasi sekitar dengan jarak mobilisasi sangat pendek, sehingga energi transport relatif rendah. Namun, setelah sumber material lokal habis, seluruh kebutuhan tanah liat dipasok dari wilayah eksternal dengan jarak ± 15 km.

Peningkatan material flow lengt dari < 1 km menjadi 15 km pada sistem produksi Talang Betutu sebanding dengan temuan Meglin et al (2022) yang menunjukkan bahwa peningkatan jarak transportasi material sebesar 10-20 km pada industri konstruksi regional

berkorelasi dengan kenaikan intensitas energi transport hingga 40-60% dari total energi sistem produksi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kawasan Talang Betutu telah mengalami pergeseran struktur energi yang serupa, dimana energi transport berpotensi melampaui energi pembakaran sebagai komponen dominan.

Dampak dari perubahan ini tidak hanya pada peningkatan konsumsi energi, tetapi juga pada penurunan tingkat kemandirian material kawasan (*material autonomy*). Dalam perspektif arsitektur kawasan, kondisi ini menunjukkan bahwa struktur ruang eksisting tidak mampu mengakomodir perubahan sistem produksi secara efisien, sehingga diperlukan rekonstruksi spasial untuk memendekkan aliran material dan mengurangi ketergantungan energi transport.

Tabel 3. Pemetaan Sistem Produksi Lama, Sekarang dan perubahan sistem

Komponen MFA	Sistem Lama (Material Lokal)	Produksi (Material)	Sistem Sekarang (Material dari Air Batu)	Produksi (Material)	Implikasi Perubahan Sistem
Sumber Material (Input)	Tanah lokal (on-site / near-site)		Tanah dari Air Batu (± 15 km)		Ketergantungan pada sumber eksternal meningkat
Jarak Transport Material (Material Flow Length)	Sangat pendek (≤ 1 km)		Jauh (± 15 km)		Panjang aliran material meningkat signifikan
Energi Transport (Energy attached to material flow)	Rendah		Tinggi (BBM, waktu tempuh, emisi)		Intensitas energi per unit material meningkat
Struktur Aliran Material	Semi-lokal (local loop sederhana)		Linear (ekstraksi-transport-produksi)		Sistem menjadi tidak sirkular
Stock dalam sistem	Tanah lokal + kolam eks-galian (air)		Hanya kolam eks-galian (air)		Stok material lokal berkurang
Kemandirian Material (Material autonomy)	Relatif mandiri		Bergantung pasokan luar kawasan		Risiko pasokan meningkat
Aliran Energi Produksi	Didominasi energi pembakaran		Energi transport menjadi dominan		Struktur kebutuhan energi berubah
Output utama	Batu bata		Batu bata		Tidak berubah
Output limbah	Emisi pembakaran + panas buangan		Emisi pembakaran + panas buangan		Dampak lingkungan tetap ada
Hubungan lokasi produksi dengan sumber material	Terintegrasi		Terpisah (decoupled)		Efisiensi spasial menurun
Efisiensi sistem menurut MFA	Relatif efisien secara spasial		Kurang efisien secara spasial		Biaya logistik meningkat
Tipe sistem menurut MFA	Semi-sirkular berbasis sumber lokal		Linear dengan input eksternal		Perubahan struktur sistem produksi

Sistem air sebagai Struktur Spasial Kawasan

Berbeda dengan material, sistem air di kawasan produksi masih mempertahankan karakter lokal melalui keberadaan kolam eks-galian. Kolam-kolam ini memiliki kapasitas relatif stabil dan berfungsi sebagai sumber air utama dalam proses produksi. Dalam kerangka ekonomi sirkular, kondisi ini menunjukkan adanya potensi *local resource loop* yang masih dapat dioptimalkan.

Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa kolam-kolam tersebut bekerja secara terfragmentasi dan tidak terhubung dalam suatu sistem hidrologis kawasan. Fragmentasi

ini menyebabkan pemanfaatan air menjadi tidak optimal, baik dari sisi distribusi maupun kapasitas tampungan.

Melalui pendekatan arsitektur lanskap, kolam eks-galian dapat ditransformasikan menjadi *water-based spatial structure*, yaitu sistem ruang berbasis air yang berfungsi sebagai reservoir, pengendali limpasan, serta pembentuk iklim mikro kawasan. Integrasi kolam dalam jaringan retensi memungkinkan terbentuknya sistem air berbasis gravitasi yang efisien, sekaligus memperkuat kualitas ekologis kawasan produksi.



Gambar 4. Rekomendasi pemanfaatan kolam eks-galian dalam sistem produksi

Ketidakteraturan Zonasi dan dampaknya terhadap Efisiensi Produksi

Ketidakhadiran zonasi produksi menjadi faktor utama yang menyebabkan inefisiensi sistem produksi. Aktivitas pengolahan material, pencetakan, pengeringan, dan pembakaran berlangsung dalam satu bidang lahan tanpa urutan ruang yang jelas. Akibatnya, pergerakan material bersifat bolak-balik dan tidak linear.

Dari perspektif arsitektur kawasan, kondisi ini menunjukkan tidak adanya hirarki ruang berdasarkan tahapan produksi. Material yang datang dari luar kawasan harus berpindah beberapa kali sebelum mencapai tahap pembakaran, sehingga meningkatkan jarak tempuh internal dan konsumsi energi kerja.

Selain aspek efisiensi, ketidakteraturan zonasi juga berdampak terhadap kualitas lingkungan. Kedekatan tungku pembakaran dengan permukiman menyebabkan penyebaran emisi secara langsung ke area hunian, sementara aktivitas logistik menggunakan kendaraan berat merusak infrastruktur jalan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan kawasan tidak hanya bersifat teknis produksi, tetapi merupakan kegagalan struktur spasial dalam mengatur hubungan antara aktivitas industri dan lingkungan permukiman.

Sintesis Konsep: Productive Circular Landscape

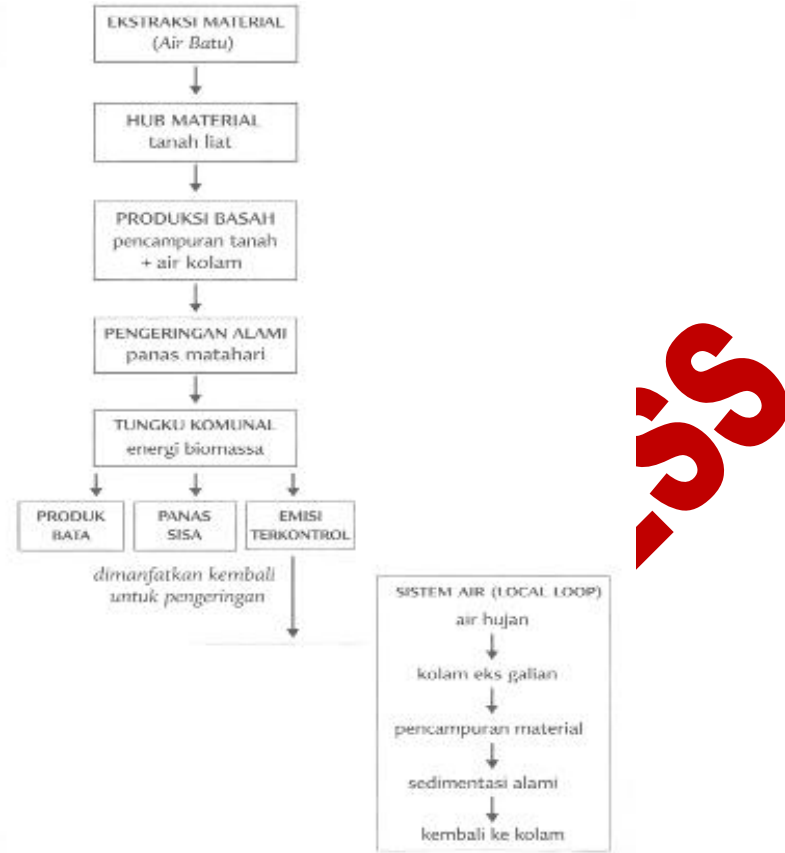
Berdasarkan hasil analisis, konsep *productive circular landscape* diusulkan sebagai strategi perancangan kawasan yang mengintegrasikan sistem material, energi, dan air dalam satu struktur spasial yang koheren. Konsep ini menempatkan kawasan industri sebagai sistem metabolisme ruang, di mana aliran sumber daya diorganisasikan melalui konfigurasi tata letak yang terstruktur (Gambar 5).

Prinsip utama yang diterapkan adalah *linear production flow*, yaitu pengaturan zonasi berdasarkan urutan proses produksi yang terdiri dari zona material, produksi basah, pengeringan, dan energi. Susunan ini memungkinkan aliran material berlangsung secara linear tanpa pergerakan bolak-balik, sehingga meningkatkan efisiensi operasional.

Integrasi sistem air dilakukan melalui pengembangan *water-based spatial structure* yang memanfaatkan kolam eks-galian sebagai infrastruktur ekologis kawasan. Sementara itu, sistem energi diperkuat melalui pengembangan tungku komunal yang memungkinkan pemanfaatan panas buangan untuk proses pengeringan.

Dalam perspektif arsitektur, konsep ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem produksi tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi oleh struktur ruang yang mengorganisasi hubungan antar elemen produksi. Dengan demikian, perancangan kawasan

berperan sebagai instrumen untuk mengoptimalkan metabolisme industri sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan.



Gambar 5. Diagram Konsep Aktifitas dan Zonasi Ruang Produksi

Hasil analisis sebelumnya mengarahkan pada perlunya model kawasan yang mampu menutup kembali rantai material-energi-air dan menciptakan struktur ruang yang terkendali. Pendekatan SIG memungkinkan analisis kesesuaian lahan untuk menetapkan zonasi berbasis daya dukung dan fungsi ekologis kawasan. Tiga zona utama perlu dirancang secara terintegrasi, yaitu:

Tabel 4. Spesifikasi Teknis Desain Zona Produksi Batu-bata

Zona Material	Zona Energi	Zona Air
Posisi: Terletak langsung pada sisi Jalan Kolektor Utama	Posisi: Terletak pada Tengah Kawasan, dan jauh dari permukiman	Posisi: berada pada topografi terendah dan menjadi titik pusat dari massa bangunan produksi
Pembagian Area: <ol style="list-style-type: none"> 1. Area drop-point Tanah dengan luas 500 – 1500 m2 yang merupakan tempat seluruh truk dari Air Batu membongkar muatan 2. Area stockpile Tanah Terindungi: Tanah ditumpuk pada satu titik untuk mengurangi duplikasi pengolahan dan 	Komponen Inti: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tungku Komunal (1-3 unit besar) masing-masing melayani 6-12 unit produksi. 2. Ruang Pengeringan Terintegrasi: berada pada sisi Timur atau Selatan Tungku agar dapat memanfaatkan panas buangan yang dilindungi 	Komponen Utama: <ol style="list-style-type: none"> 1. Kolam inti: kolam terbesar (3-5 titik) yang menjadi reservoir utama 2. Kolam sekunder : kolam kecil yang terhubung sebagai penyeimbang kapasitas air buangan. 3. Saluran Penghubung (<i>drainage link</i>): Saluran kecil (lebar 30-80 cm)

Zona Material	Zona Energi	Zona Air
<p>perusakan infrastruktur jalan (yang banyak terjadi saat ini)</p> <p>3. Area screening dan Pre-mixing : Area pengayakan awal dan pencampuran kasar yang dilakukan terpusat untuk 6-12unit industri batu bata.</p> <p>4. Lorong Distribusi Internal:merupakan trayek khusus gerobak/alat angkut kecil menuju klister produksi.</p>	<p>oleh penutup atap yang transparan agar dapat dilakukan proses pengeringan alami dengan radiasi panas matahari, namun terlindung dari hujan.</p> <p>3. Cerobong tinggi (>10-12 m) Dirncang berdasarkan arah angin dominan (untuk wilayah Kota Palembang khususnya dekat dengan Lapangan Udara, arang angin dominan dari Tenggara – Barat).</p> <p>4. Ruang Material Siap Bakar: ruang transit yang memastikan produksi tidak terhambat.</p> <p>5. Area Buffer vegetasi : merupakan Batasan hijau 20-30 m sebagai penyerap debu dan penghalang visual.</p>	<p>yang menghubungkan kolam inti dan sekunder</p> <p>4. Area filtrasi alami: area hijau/vegetasi basah di tepi kolam sebagai tempat sedimentasi lumpur</p> <p>5. Pusat air produksi: titik pengambilan air standar untuk seluruh unit produksi.</p>
<p>Prinsip Desain: mengurangi arus truk besar yang masuk ke area permukiman, mengurangi energi distribusi internal dan mengurangi resiko rusaknya infrastruktur jalan permukiman.</p>	<p>Prinsip Desain: memusatkan emisi, meminimalkan konsumsi kayu dan mempercepat pengeringan dengan memanfaatkan sisa panas</p>	<p>Prinsip desain: meningkatkan ketahanan air Kawasan kolam sebagai infrastruktur resmi, bukan limbah ruang.</p>

Konsep arsitektur bangunan produksi pada kawasan sentra industri batu bata dirancang sebagai respon langsung terhadap karakter proses produksi yang bersifat bertahap, terbuka, dan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim. Bangunan tidak dipahami sebagai objek tunggal, melainkan sebagai rangkaian struktur sederhana yang membentuk sistem ruang kerja yang adaptif terhadap aliran material, kebutuhan ventilasi alami, serta efisiensi energi. Konsep bentuk menekankan kesederhanaan geometri, keterbacaan struktur, serta fleksibilitas penggunaan ruang, sehingga memungkinkan bangunan berfungsi optimal dalam mendukung siklus produksi bata secara berkelanjutan (Tabel 5).

Secara keseluruhan, konsep bentuk arsitektur bangunan produksi menekankan hubungan antara efisiensi proses, respons terhadap iklim, dan keterhubungan dengan lanskap kawasan. Bentuk sederhana dan modular memungkinkan bangunan beradaptasi terhadap dinamika produksi dalam jangka panjang, sekaligus menjaga konsistensi karakter visual kawasan sebagai lingkungan kerja yang produktif dan berkelanjutan.

Tabel 5. Rekomendasi Desain Bangunan Produksi

Fungsi Ruang	Eksisting	Rekomendasi Desain
Area Drop Material dan Prduk Pasca Cetak		
Area Penyimpanan		
Area/Tungku Pembakaran		
Area Pengeringan		

Temuan penelitian ini memiliki relevansi dan titik perbandingan yang signifikan dengan studi-studi sebelumnya dalam bidang ekologi industri, metabolisme kawasan, dan perancangan spasial berbasis ekonomi sirkular. Secara metodologis, penggunaan MFA dalam penelitian ini sejalan dengan pendekatan yang dikembangkan oleh Brunner dan Rechberger (2017), namun penelitian ini memperluas aplikasinya ke dalam konteks industri kecil informal berbasis material yang belum banyak dieksplorasi. Meglin et al. (2022) dalam studi mereka mengenai ekonomi sirkular regional sektor konstruksi

menunjukkan bahwa kombinasi MFA dengan analisis berbasis spasial mampu mengidentifikasi titik kritis inefisiensi dalam rantai material; temuan ini selaras dengan hasil penelitian di Talang Betutu, di mana MFA berhasil mengidentifikasi pergeseran dari sistem semi-sirkular menuju sistem linear akibat terputusnya rantai material lokal. Perbedaan utama terletak pada skala dan konteks: studi Meglin et al. beroperasi pada skala regional dengan data statistik makro, sedangkan penelitian ini beroperasi pada skala mikro arsitektur kawasan dengan pengamatan lapangan langsung, sehingga menghasilkan rekomendasi spasial yang lebih operasional dan kontekstual.

Dari perspektif integrasi GIS dalam perencanaan kawasan industri, Arifin et al. (2021) menunjukkan bahwa analisis spasial berbasis GIS efektif untuk penetapan zonasi industri berdasarkan daya dukung lingkungan. Penelitian di Talang Betutu memperkuat temuan tersebut sekaligus menambahkan dimensi baru berupa integrasi GIS dengan MFA dalam satu kerangka analisis terpadu yang diterjemahkan langsung ke dalam konsep desain kawasan. Papageorgiou (2024) dalam kajian metabolisme perkotaan berbasis MFA dan GIS menegaskan bahwa pendekatan spasial yang lebih terperinci pada skala bangunan dan kawasan masih menjadi celah penelitian yang perlu diisi—celah inilah yang secara langsung dijawab dalam penelitian ini melalui pendekatan *research by design* yang menghubungkan analisis aliran material dengan strategi desain spasial pada skala kawasan industri kecil.

Dalam konteks perancangan kawasan industri berbasis sirkular, Zhang et al. (2023) mengidentifikasi bahwa karakteristik spasial, meliputi kedekatan geografis, aksesibilitas infrastruktur, dan konfigurasi tata letak merupakan faktor penentu utama dalam mendukung atau menghambat siklus material yang efisien. Hasil ini sesuai dengan argumen utama penelitian, bahwa ketidak-teraturan struktur ruang di Talang Betutu menjadi akar masalah inefisiensi, bukan semata-mata faktor teknologi produksi. Selanjutnya Gura et al. (2023) sebagaimana dikutip dalam kajian sirkularitas spasial oleh Marin dan De Meulder (2021), menegaskan bahwa strategi “pengelompokan aktivitas” (*clustering activities*) dan “pembentukan zona ekonomi” merupakan dua pendekatan spasial utama yang mampu mendorong ekonomi sirkular pada skala kawasan. Konsep *productive circular landscape* yang diusulkan dalam penelitian ini secara eksplisit mengoperasionalkan kedua strategi tersebut melalui zonasi material, energi, dan air yang terintegrasi dalam satu struktur spasial kawasan industri batu bata.

Dalam bidang kawasan industri ekologis, World Bank (2021) dan Lampinen et al. (2025) menekankan bahwa keberhasilan industri sirkular sangat bergantung pada kedekatan fisik antar faktor-faktor pendukung produksi, berbagi infrastruktur bersama (termasuk sistem energi dan air), serta tata kelola kawasan yang terintegrasi. Studi-studi ini umumnya berfokus pada kawasan industri skala besar yang terencana. Penelitian di Talang Betutu memberikan perspektif yang berbeda dan komplementer: bagaimana prinsip-prinsip ekologi industri tersebut dapat diadaptasi dan diterapkan pada konteks sentra industri kecil informal yang tumbuh organik tanpa perencanaan formal. Pengembangan *water-based spatial structure* berbasis kolam eks-galian dalam penelitian ini, misalnya, merupakan wujud nyata dari adaptasi prinsip simbiosis industri di mana elemen infrastruktur yang ada dioptimalkan sebagai sumber daya bersama dalam kondisi kawasan industri yang tumbuh secara informal.

Penelitian terdahulu yang berfokus pada metabolisme perkotaan dan perencanaan spasial—seperti Bahers et al. (2022) dan kajian integrasi metabolisme perkotaan dengan disiplin lanskap oleh Bertoldi dan Perrotti (2024) menunjukkan bahwa pendekatan metabolisme spasial dalam praktik perencanaan masih menghadapi tantangan dalam menghubungkan analisis aliran sumber daya dengan keputusan desain yang konkret. Penelitian ini berkontribusi pada pengisian celah tersebut dengan menunjukkan bahwa integrasi MFA, GIS, dan morfologi arsitektur dalam satu alur kerja *research by design* memungkinkan terjemahan analisis sistemik menjadi model perancangan kawasan yang operasional. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengkonfirmasi temuan studi-

studi sebelumnya mengenai peran konfigurasi spasial terhadap efisiensi sumber daya, tetapi juga memperluas dan menggunakan temuan tersebut dalam konteks kawasan industri batu bata skala kecil di Indonesia. Ini merupakan permasalahan yang masih jarang menjadi subjek penelitian arsitektur kawasan berbasis ekologi industri.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan utama kawasan industri batu bata di Kelurahan Talang Betutu tidak terletak pada teknologi produksi, melainkan pada ketidakaturan struktur spasial yang menyebabkan aliran material, energi, dan air bekerja secara tidak efisien. Analisis berbasis MFA dan GIS menegaskan adanya pergeseran sistem dari semi-sirkular berbasis sumber daya lokal menuju sistem linear yang meningkatkan konsumsi energi dan tekanan terhadap infrastruktur kawasan. Dalam konteks ini, perancangan kawasan menjadi instrumen strategis untuk merekonstruksi hubungan antar komponen sistem produksi. Konsep *productive circular landscape* yang diusulkan menunjukkan bahwa integrasi zonasi material, energi, dan air melalui prinsip *linear production flow* dan *water-based spatial structure* mampu membentuk sistem spasial yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan ekonomi sirkular tidak hanya bersifat konseptual, tetapi dapat dioperasionalkan melalui strategi desain kawasan yang terukur dan kontekstual terhadap kondisi lokal.

Simpulan

Penelitian ini berhasil merumuskan model *productive circular landscape* sebagai konsep perancangan kawasan sentra industri batubata di Kelurahan Talang Betutu, Kota Palembang. Model ini mengintegrasikan sistem material, energi, dan air ke dalam satu struktur spasial kawasan yang efisien dan berkelanjutan melalui dua prinsip utama, yaitu: *linear production flow* dan *water-based spatial structure*.

Temuan utama pada penelitian ini menegaskan bahwa inefisiensi sistem produksi di Talang Betutu tidak bersumber dari keterbatasan teknologi, melainkan dari kegagalan struktur spasial dalam mengatur hubungan antar komponen produksi. Tiga permasalahan spasial yang teridentifikasi menjadi dasar perumusan model, yaitu: (1) konfigurasi kawasan yang berkembang organik tanpa zonasi produksi yang jelas mengakibatkan aliran material bersifat bolak-balik dan tidak efisien; (2) hilangnya sumber material lokal memicu pergeseran sistem dari semi-sirkular berbasis sumber daya lokal menuju sistem linear dengan jarak aliran material hingga 15 km; (3) keberadaan kolam eks-galian sebagai potensi *local resource loop* belum diintegrasikan secara sistemik sebagai infrastruktur ekologis kawasan. Berdasarkan tiga temuan tersebut, model *productive circular landscape* yang direncanakan mengorganisasi kawasan melalui prinsip *linear production flow*, yaitu susunan zona material, produksi basah, pengeringan dan energi yang mengikuti urutan, proses produksi sehingga meminimalkan pergerakan material internal.

Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan pendekatan yang lebih kuantitatif dengan mengukur secara detail efisiensi energi, emisi karbon, serta performa sistem air dalam skenario desain yang diusulkan. Selain itu, diperlukan simulasi berbasis model spasial dan energi untuk menguji efektivitas konsep *productive circular landscape* dalam berbagai kondisi skala dan konteks kawasan. Studi lanjutan juga dapat mengeksplorasi integrasi teknologi pembakaran rendah emisi dan pemanfaatan limbah sebagai bagian dari sistem sirkular. Dari sisi implementasi, penelitian mengenai model kelembagaan dan skema pembiayaan kawasan industri batu bata berbasis komunal menjadi penting untuk memastikan keberlanjutan penerapan desain dalam praktik.

Ucapan Terima Kasih

Tim pelaksana penelitian mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Pendidikan Nasional Tridinanti yang telah mendanai kegiatan ini dalam Program Hibah Internal YPNT Universitas Tridinanti Tahun Anggaran 2025.

Daftar Pustaka

- Arifin, L., et al. (2021). GIS-based spatial planning for industrial zoning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 738. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012034>
- Bahers, J., Athanassiadis, A., Perrotti, D., & Kampelmann, S. (2022). The place of space in urban metabolism research: Towards a spatial turn? A review and future agenda. *Landscape and Urban Planning*, 221, 104376. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104376>
- Brunner, P., & Rechberger, H. (2017). *Practical handbook of material flow analysis*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315313450>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (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>
- Itanola, M., Tuuli, M., Dodoo, A. et al. (2026). Mapping Circular Economy Strategies in the Construction Sector: Impact, Solutions and Gaps. *Circ.Econ.Sust.* 6, 61 <https://doi.org/10.1007/s43615-026-00757-x>
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy: From review of theories and practices to development of implementation tools. *Journal of Cleaner Production*, 135, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.034>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Lampinen, M., Hirvonen, J., & Rinkinen, J. (2025). Catalyzing the circular economy: Socio-cultural and spatial trajectories in industrial ecosystems. *Journal of Circular Economy*, 3(1). <https://doi.org/10.55845/JCE.09795>
- Lanau, M., Liu, G., Kral, U., et al. (2019). Taking stock of built environment stock studies: Progress and prospects. *Environmental Science & Technology*, 53(15), 8499–8515. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06652>
- Malczewski, J. (2020). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. *Progress in Planning*, 62(1), 3–65. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2019.100417>
- Meglin, R., Kytzia, S., & Habert, G. (2022). Regional circular economy of building materials: Environmental and economic assessment combining Material Flow Analysis, Input-Output Analyses, and Life Cycle Assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 26(2), 491–504. <https://doi.org/10.1111/jieec.13205>
- Pauliuk, S., & Hertwich, E. (2015). Socioeconomic metabolism as paradigm for studying the biophysical basis of human societies. *Journal of Industrial Ecology*, 19(1), 83–93. <https://doi.org/10.1111/jieec.12237>
- Papageorgiou, A. (2024). Applying material and energy flow analysis to assess urban metabolism in the context of the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 28(4), 820–835. <https://doi.org/10.1111/jieec.13504>
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production*, 143, 710–718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055>
- Setyowati, A., & Nugroho, P. (2017). Pengembangan ekonomi lokal berbasis industri kecil. *Jurnal PWK*. <https://doi.org/10.14710/tpwk.2016.17902>
- World Bank. (2021). *Circular economy in industrial parks: Technologies for competitiveness*. World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/486571617995781752/pdf/Circular-Economy-in-Industrial-Parks-Technologies-for-Competitiveness.pdf>
- Zhang, N., Gruhler, K., & Schiller, G. (2023). A review of spatial characteristics influencing circular economy in the built environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 55268–55288. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26326-5>