



EKSPLORASI STRATEGI EKONOMI SIRKULAR DALAM RENOVASI BANGUNAN HOTEL UNTUK PENGURANGAN EMISI KARBON

Alifia Niza Salafy¹, Yani Rahmawati²

Program Studi Magister Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

E-mail: alifianizasalafy@mail.ugm.ac.id, yani.rahmawati@ugm.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

3 April 2026

Direvisi:

17 April 2026

Disetujui terbit:

13 Mei 2026

Diterbitkan:

Cetak:

29 Juni 2026

Online

29 Juni 2026

Abstract: The building sector is a significant contributor to global carbon emissions, making it necessary to develop strategies to reduce emissions, particularly during the renovation of commercial buildings such as hotels. This study aims to investigate the application of circular economy principles in hotel building renovations to support carbon emission reduction, particularly embodied carbon. The method used is a descriptive qualitative approach through in-depth interviews with four architecture practitioners selected via purposive sampling. Data were analyzed thematically and validated through triangulation with the literature. The results indicate that relevant circular economy strategies include retaining existing structures (intensive use), extending the building's lifespan, utilizing modular prefabrication, selecting low-carbon materials, and implementing material reuse. The findings also suggest that reuse is more effective than recycling in reducing emissions because it does not require additional energy-intensive processes. Overall, integrating circular economy principles into hotel building renovations has significant potential to reduce carbon emissions and support more sustainable design practices.

Keywords: Carbon Emission, Circular Economy, Embodied Carbon, Hotel Building, Building Renovation

Abstrak: Sektor bangunan merupakan kontributor signifikan terhadap emisi karbon global, sehingga diperlukan strategi untuk menekan emisi, khususnya pada tahap renovasi bangunan komersial seperti hotel. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menginvestigasi penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam renovasi bangunan hotel guna mendukung pengurangan emisi karbon, terutama karbon tertanam. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif deskriptif melalui wawancara mendalam dengan empat praktisi arsitektur yang dipilih melalui purposive sampling. Data dianalisis secara tematik dan divalidasi melalui triangulasi dengan studi terdahulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi ekonomi sirkular yang relevan meliputi mempertahankan struktur eksisting (intensive use), memperpanjang masa pakai bangunan, penggunaan prefabrikasi modular, pemilihan material rendah karbon, serta penerapan reuse material. Temuan juga menunjukkan bahwa reuse lebih efektif dibandingkan dengan recycling dalam menekan emisi karbon karena tidak memerlukan proses energi tambahan. Secara keseluruhan, integrasi prinsip ekonomi sirkular dalam renovasi bangunan hotel berpotensi signifikan dalam mengurangi emisi karbon dan mendukung praktik desain yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci: Emisi Karbon, Ekonomi Sirkular, Karbon Tertanam, Bangunan Hotel, Renovasi Bangunan

PENDAHULUAN

Sektor bangunan merupakan salah satu kontributor terbesar terhadap emisi karbon global, sekitar 30-39% emisi gas rumah kaca (GRK) global (IEA, 2025; Yue et al., 2024; UNEP, 2022; Nußholz et al., 2023; Wang et al., 2024; Khan et al., 2022; Zhao et al., 2025). Merespon kondisi tersebut, perjanjian IPCC menetapkan bahwa pengurangan emisi karbon perlu dilakukan secara signifikan, yaitu sekitar 45-50% pada tahun 2030, serta pencapaian net-zero emissions secara menyeluruh pada tahun 2050. Sebagai bagian dari komitmen global ini, Indonesia melalui *Updated Nationally Determined Contribution* (NDC) pada Juli 2021 menegaskan komitmen

penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 29% tanpa syarat dan hingga 41% secara bersyarat pada tahun 2030. Komitmen tersebut kemudian diperkuat melalui *Enhanced NDC* (ENDC) pada September 2022, dengan target penurunan emisi menjadi 31,89% tanpa syarat dan 43,20% dengan dukungan internasional pada tahun 2030.

Dalam siklus hidup bangunan, renovasi merupakan salah satu tahap yang umum dilakukan untuk memperpanjang masa pakai serta menyesuaikan fungsi bangunan dengan kebutuhan. Pada bangunan komersial seperti hotel, renovasi menjadi praktik yang dilakukan untuk menjaga kualitas layanan, meningkatkan daya saing, serta mengikuti

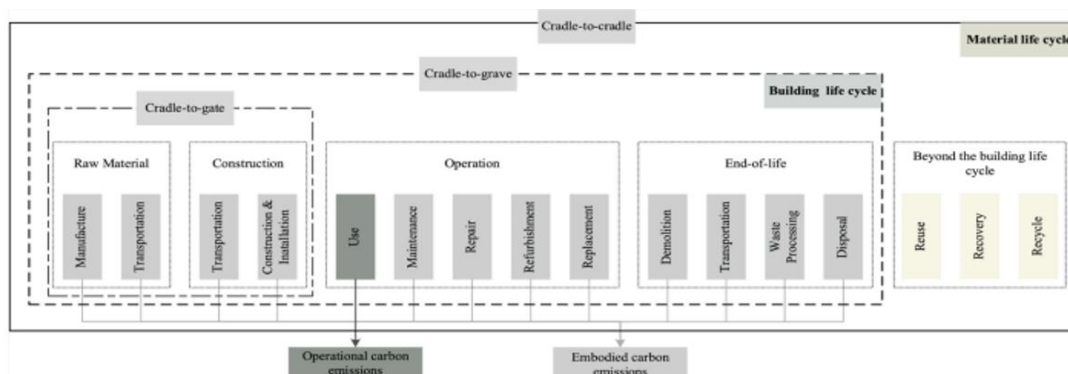
perkembangan dan preferensi pengguna. Namun demikian, praktik renovasi yang berlangsung saat ini masih didominasi oleh pendekatan konvensional atau pembangunan baru yang berorientasi pada peningkatan fungsi dan estetika, dengan perhatian yang terbatas terhadap dampak lingkungan (Aydin et al., 2019; Štompf et al., 2025; Julistiono et al., 2023). Proses pembongkaran serta penggunaan material baru dalam jumlah besar berpotensi meningkatkan limbah konstruksi dan nilai karbon tertanam (Ayati et al., 2022). Meskipun demikian, renovasi memiliki potensi yang lebih besar dalam mengurangi konsumsi sumber daya dan emisi karbon karena memungkinkan pemanfaatan kembali struktur dan material yang masih layak. Bahkan, mempertahankan material eksisting dapat mengurangi emisi hingga 75%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar emisi berasal dari penggunaan material baru (Mark, 2024). Fenomena ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tujuan pengurangan emisi karbon dengan praktik renovasi yang terjadi di lapangan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengintegrasikan aspek keberlanjutan dalam proses renovasi hotel secara lebih sistematis dan aplikatif. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi prinsip-prinsip ekonomi sirkular yang dapat diterapkan dalam proses renovasi bangunan hotel sebagai upaya untuk menekan emisi karbon, khususnya karbon tertanam. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui wawancara dengan para ahli untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip yang relevan, mengeksplorasi implementasinya dalam praktik, serta memahami kontribusinya terhadap strategi renovasi rendah karbon. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan kontekstual terhadap praktik lapangan yang belum banyak diungkapkan dalam penelitian sebelumnya. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara konsep ekonomi sirkular dengan praktik renovasi bangunan komersial berbasis perspektif ahli, yang difokuskan pada upaya pengurangan emisi karbon. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung konseptual dan kuantitatif, penelitian ini menekankan eksplorasi kualitatif untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip yang relevan dalam praktik desain.

Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi arsitek, perancang, dan pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi renovasi bangunan hotel yang berkelanjutan dan rendah karbon. Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian mengenai integrasi ekonomi sirkular dalam arsitektur, khususnya dalam konteks renovasi bangunan hotel.

TINJUAN PUSTAKA

Emisi Karbon dan Life Cycle Assessment (LCA) pada bangunan

Emisi karbon pada sektor bangunan diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu karbon tertanam (*embodied carbon*) dan karbon operasional. Karbon tertanam merupakan emisi karbon yang dihasilkan pada tahap awal siklus hidup bangunan yang mencakup proses penggalian, produksi material konstruksi, transportasi, serta pemasangan bahan dan komponen bangunan selama tahap pembangunan (Heydari et al., 2023) dan renovasi hingga akhir siklus hidup bangunan atau pembongkaran (Akbarnezhad et al., 2017; Liang et al., 2023; Sudarsan et al., 2022; Lützkendorf et al., 2022; Shanbhag et al., 2025). Sedangkan karbon operasional merupakan emisi karbon yang terjadi selama fase penggunaan bangunan (Chen et al., 2022), yang mencakup aktivitas untuk mempertahankan kenyamanan lingkungan dalam ruang, seperti pemanasan, pendinginan, pencahayaan, dan pengoperasian peralatan (Akbarnezhad et al., 2017; Shanbhag et al., 2025). Berdasarkan Gambar 1. emisi karbon dalam bangunan diklasifikasikan berdasarkan siklus hidupnya menggunakan pendekatan LCA, yang membedakan antara karbon tertanam pada tahap produksi dan konstruksi material (A1–A5), serta karbon operasional pada tahap penggunaan bangunan (B6–B7). Siklus hidup bangunan dan material menunjukkan bahwa bangunan beroperasi dalam kerangka *cradle-to-grave*, sementara material memiliki potensi daur hidup yang lebih panjang melalui proses *reuse*, *recovery*, dan *recycle* yang membentuk siklus *cradle-to-cradle*. Diagram tersebut memperlihatkan bahwa emisi karbon tidak hanya muncul dari produksi dan penggunaan bangunan, tetapi juga dari fase akhir masa pakai (C1–C4). (Yue et al., 2022).



Gambar 1. Life cycle assessment
Sumber: Yue et al., 2024

Perbedaan karakteristik kedua jenis emisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2. Meskipun karbon operasional menyumbang emisi terbesar pada sektor bangunan, emisi tersebut terjadi secara akumulatif dalam jangka waktu panjang selama masa operasional bangunan, sedangkan karbon tertanam dihasilkan dalam waktu yang relatif singkat, khususnya pada tahap pembangunan (Carrol, 2025).



Gambar 2. Perbandingan emisi karbon tertanam dan karbon operasional sepanjang siklus hidup bangunan

Prinsip Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular merupakan pendekatan yang menekankan efisiensi penggunaan sumber daya melalui pengurangan limbah serta optimalisasi siklus material. Dalam sektor konstruksi, konsep ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap material baru serta meminimalkan limbah konstruksi melalui strategi penggunaan kembali, daur ulang, dan perpanjangan umur material.

Menurut Yue et al. (2024), penerapan ekonomi sirkular dalam bangunan dapat dilakukan melalui beberapa skenario, yaitu *intensive use*, *extending lifetimes*, *advanced prefabrication*, *lightweighting*, *low-carbon materials*, *high recycling*, dan *reuse*. *Intensive use* berfokus pada optimalisasi pemanfaatan bangunan yang telah ada, sedangkan *extending lifetimes* menekankan pada desain yang mempertimbangkan durabilitas, kemudahan perbaikan, dan pemeliharaan jangka panjang. *Advanced prefabrication* atau prefabrikasi tingkat lanjut dilakukan melalui produksi komponen bangunan secara modular dan terstandarisasi di pabrik, sementara *lightweighting* bertujuan mengurangi penggunaan material melalui optimalisasi struktur. Selain itu, *low-carbon materials* mengutamakan penggunaan material dengan intensitas karbon rendah, *high recycling* berfokus pada pengelolaan limbah konstruksi menjadi bahan baku sekunder, dan *reuse* menekankan pemanfaatan kembali komponen bangunan tanpa melalui proses manufaktur ulang.

Penerapan ekonomi sirkular memiliki potensi besar dalam mengurangi emisi karbon, khususnya karbon tertanam, melalui pengurangan penggunaan material baru dan peningkatan efisiensi sumber daya. Studi oleh Christovan dan Bueno (2025) menunjukkan bahwa pemanfaatan kembali material hasil pembongkaran, baik sebagai bahan daur ulang maupun elemen desain baru, dapat menurunkan nilai *embodied carbon* hingga 38%. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi prinsip ekonomi sirkular dalam proses pembangunan dan renovasi bangunan merupakan langkah strategis dalam mendukung upaya dekarbonisasi sektor konstruksi.

METODOLOGI PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode kualitatif deskriptif.

Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai pandangan praktisi arsitektur terhadap penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam konteks renovasi bangunan. Metode ini mendukung tujuan penelitian yang berfokus pada eksplorasi pemikiran, pengalaman, dan pertimbangan praktis dalam pengambilan keputusan desain.

Populasi dalam penelitian ini adalah praktisi arsitektur yang memiliki pengalaman dalam perancangan dan renovasi bangunan. Sampel penelitian terdiri dari empat orang narasumber menggunakan teknik purposive sampling, yaitu berdasarkan kriteria tertentu seperti pengalaman profesional, keterlibatan dalam proyek renovasi, serta pemahaman terhadap isu keberlanjutan. Pemilihan sampel ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang relevan dan mendalam dari sudut pandang praktisi yang berkompeten sehingga dapat merepresentasikan perspektif profesional dalam praktik arsitektur. Rincian narasumber yang terlibat dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Narasumber Penelitian.

No	Pengalaman dan Ahli Bidang	Inisial Narasumber
1	Praktisi arsitektur senior yang memiliki pengalaman profesional dan terlibat dalam pengembangan konsep bangunan hijau dan keberlanjutan	Narasumber 1
2	Praktisi arsitektur yang memiliki pengalaman profesional serta aktif dalam organisasi profesi di bidang arsitektur	Narasumber 2
3	Ahli arsitektur yang berpraktik dan berfokus pada bangunan berkelanjutan dan ramah lingkungan	Narasumber 3
4	Ahli konsultan yang berpraktik dan fokus pada bangunan tinggi dan manajemen strategis	Narasumber 4

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan menggunakan panduan wawancara semi-terstruktur yang disusun berdasarkan kajian literatur terkait emisi karbon bangunan, renovasi bangunan komersial, dan ekonomi sirkular.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengidentifikasi pola dan tema utama dari hasil wawancara. Temuan yang diperoleh kemudian diinterpretasikan dengan mengacu pada konsep dan teori yang relevan dengan studi literatur. Analisis ini bertujuan untuk menghubungkan antara perspektif praktisi dengan kerangka teoritis yang digunakan dalam penelitian. Hasil analisis disajikan dalam bentuk narasi deskriptif untuk menjelaskan temuan secara sistematis. Untuk menjaga validitas dan reliabilitas data, penelitian ini menggunakan teknik triangulasi data, yaitu dengan membandingkan hasil wawancara antar narasumber serta mengaitkannya dengan temuan dari literatur.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini disajikan berdasarkan analisis data wawancara yang telah dilakukan, kemudian diklasifikasikan ke dalam beberapa skenario sesuai

dengan tema yang muncul. Berikut adalah hasil representasi wawancara yang dikelompokkan dalam beberapa skenario:

1. Penggunaan Intensif

Responden 3 menjelaskan bahwa dalam proses renovasi bangunan komersial, salah satu strategi yang sering dilakukan adalah mempertahankan struktur bangunan yang sudah ada apabila kondisinya masih memungkinkan untuk digunakan kembali. Keputusan tersebut umumnya didasarkan pada pertimbangan biaya serta kondisi fisik dan ketahanan struktur bangunan. Apabila bangunan dinilai masih layak untuk dipertahankan, maka dilakukan terlebih dahulu evaluasi terhadap kondisi struktur dan kekuatannya. Setelah melalui proses pemeriksaan dan dinyatakan masih memenuhi persyaratan teknis, struktur bangunan tersebut biasanya dipertahankan sebagai bagian dari proses renovasi.

Meskipun dalam beberapa kasus tetap diperlukan penambahan atau penguatan struktur, mempertahankan struktur yang sudah ada dinilai lebih efisien dari segi biaya, waktu, maupun emisi dibandingkan dengan melakukan pembongkaran total dan membangun kembali bangunan dari awal. Selain itu, proses renovasi dengan mempertahankan sebagian struktur bangunan juga cenderung lebih cepat dibandingkan dengan pembangunan ulang secara keseluruhan, meskipun dalam kondisi tertentu pembongkaran total dapat dianggap lebih efisien dalam pelaksanaan konstruksi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasik et al. (2019) dan Pittau et al. (2019) yang menyatakan bahwa renovasi besar dengan mempertahankan struktur eksisting dapat menurunkan jejak lingkungan sebesar 50–75% dibandingkan dengan skenario pembangunan baru karena kebutuhan material baru berkurang secara signifikan. Selain itu, Leichter et al. (2024) menyebutkan bahwa berdasarkan indikator emisi karbon, renovasi lebih direkomendasikan dibandingkan rekonstruksi penuh selama kondisi fisik bangunan masih memungkinkan untuk dipertahankan. Alba-Rodriguez et al. (2017) dan Bragadin et al. (2024) juga menunjukkan bahwa bahkan pada bangunan dengan tingkat kerusakan berat, renovasi tetap menghasilkan biaya dan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan pembangunan baru pada lahan yang sama.

2. Memperpanjang Masa Pakai

Responden 4 menjelaskan bahwa upaya pengurangan emisi karbon pada bangunan sebaiknya dimulai sejak tahap perencanaan supaya bangunan dapat bertahan lama tanpa perubahan-perubahan besar. Menurutnya, proses pembangunan terdiri dari tiga komponen utama yaitu perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan, yang harus berjalan secara simultan agar bangunan dapat dirancang dengan lebih ramah lingkungan.

Contohnya pada tahap perencanaan, Responden 4 menjelaskan bahwa desain bangunan perlu mempertimbangkan bagaimana material yang digunakan dapat dimanfaatkan secara optimal dan

tidak menghasilkan banyak limbah. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah merancang penggunaan material dengan perhitungan yang matang sehingga potongan material yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali pada bagian lain bangunan. Ia mengibaratkan proses ini seperti menyusun potongan puzzle, di mana setiap bagian material direncanakan penggunaannya agar tidak terbuang.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Liatas et al., 2016) yang menyatakan elemen yang dipotong presisi di pabrik; beberapa kajian melaporkan potensi reduksi limbah sampai puluhan persen dibanding konstruksi konvensional.

3. Prefabrikasi Modular

Responden 3 menjelaskan bahwa pada proyek renovasi bangunan komersial terdapat penggunaan material prefabrikasi berupa panel kayu ulin yang diproduksi di pabrik sendiri dengan ukuran tertentu. Produksi panel di pabrik memungkinkan komponen bangunan dibuat secara lebih presisi serta memudahkan proses pemasangan di lokasi proyek. Selain itu, sistem panel tersebut juga memungkinkan elemen bangunan untuk dipindahkan atau dibongkar kembali apabila di kemudian hari diperlukan perubahan pada bangunan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Adam dan Munanjar 2025), yang menyatakan kayu ulin menunjukkan pengurangan karbon terkandung hingga 75% dibanding struktur beton dan baja, dengan umur layan 50–100 tahun dan kebutuhan pemeliharaan rendah.

Penggunaan panel kayu ulin sebagai komponen prefabrikasi juga dinilai dapat mengurangi penggunaan metode konstruksi *cast-in-situ*, yang umumnya memerlukan lebih banyak proses pekerjaan di lapangan dan berpotensi menghasilkan emisi yang lebih tinggi. Selain penggunaan panel prefabrikasi, sistem konstruksi modular dengan konsep bongkar pasang juga dapat diterapkan pada beberapa proyek bangunan. Dalam sistem ini, komponen bangunan diproduksi dalam bentuk modul di pabrik dan kemudian dirakit di lokasi proyek dengan menggunakan panduan perakitan tertentu.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Loo et al., 2023), yang menyatakan sistem modular/prefabrikasi menghasilkan emisi CO₂ 7–18% lebih rendah serta pengurangan signifikan polutan udara dan kebisingan dibanding *cast-in-situ*.

4. Pengurangan Berat Material

Responden 1 memberikan contoh penggunaan material atap berupa atap salju, yaitu jenis panel insulasi (*sandwich panel*) yang memiliki struktur berlapis dengan inti insulasi di bagian tengah. Material ini dikenal memiliki bobot yang relatif lebih ringan dibandingkan beberapa material atap konvensional, sehingga dapat membantu mengurangi beban struktur serta memiliki kelebihan untuk meredam panas. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Su et al., 2022) yang menyatakan atap *sandwich panel* memiliki bobot ringan dan dapat digunakan untuk mereduksi panas.

Namun demikian, Responden 3 menjelaskan bahwa dalam praktik renovasi bangunan komersial, pemilihan material tidak selalu didasarkan pada bobot material. Dalam proyek yang ia kerjakan, pemilihan material lebih mempertimbangkan kesesuaian material dengan konsep desain bangunan, kekuatan material, serta kualitas visual yang dihasilkan. Dengan demikian, pendekatan *lightweighting* belum menjadi pertimbangan utama dalam beberapa proyek renovasi bangunan komersial yang diwawancarai dalam penelitian ini, meskipun secara konseptual strategi ini tetap memiliki potensi untuk mendukung pengurangan penggunaan material dan emisi karbon pada bangunan.

5. Material Rendah Karbon

Responden 1 menjelaskan bahwa setiap material bangunan memiliki nilai *embodied carbon*, yaitu jumlah emisi karbon yang dihasilkan selama proses produksi, transportasi, hingga pemasangan material tersebut. Oleh karena itu, pemilihan material menjadi salah satu faktor penting dalam upaya mengurangi emisi karbon pada bangunan. Dalam konsep bangunan hijau, pemilihan material sebaiknya mempertimbangkan sertifikasi produk serta proses produksi material tersebut. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa material yang digunakan benar-benar memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Jaemoon et al., 2023) yang menyatakan penggantian beton, semen, dan insulasi dengan material yang memiliki *Environmental Product Declaration* (EPD) atau sertifikat *low-carbon* menurunkan jejak global warming hingga 12% dan beberapa kategori dampak lain hingga 39–51% pada tahap produksi.

Selain itu, Responden 3 juga menjelaskan bahwa penggunaan material kayu pada bangunan dapat menjadi salah satu contoh material yang memiliki potensi emisi karbon lebih rendah, selama material tersebut diperoleh dari sumber yang tidak merusak lingkungan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Qian et al., 2025), yang menyatakan bangunan kayu dapat menurunkan emisi karbon 14–52% dibanding bangunan beton/baja bertulang pada tingkat gedung penuh, dan sekitar 50–60% emisi pada tahap produk (A1–A3) dibanding baja atau beton bertulang.

6. Daur Ulang

Responden 2 dan Responden 4 menjelaskan bahwa penerapan *recycling* dalam renovasi bangunan belum tentu selalu efektif dalam menekan emisi karbon. Hal ini dikarenakan proses pengolahan kembali material pada praktiknya masih membutuhkan proses industri yang menggunakan energi serta peralatan yang berpotensi menghasilkan emisi. Responden 2 juga menyampaikan bahwa dalam praktik di lapangan, penerapan *recycling* material pada bangunan komersial relatif jarang dilakukan. Menurutnya, pemanfaatan kembali material yang masih utuh atau *reuse* lebih sering diterapkan, misalnya pada elemen bangunan seperti kaca atau komponen lain yang

masih layak digunakan kembali tanpa melalui proses pengolahan ulang. Hal ini juga didukung oleh pernyataan responden 3 yang menyatakan bahwa renovasi bangunan komersial tidak pernah menggunakan material *recycle*, tetapi memungkinkan dan bisa lebih baik jika menggunakan material *reuse*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Minunno et al., 2020), yang menyatakan bahwa sebuah bangunan yang dirancang untuk pembongkaran dan penggunaan kembali komponen mencapai pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) sekitar 88% dibandingkan dengan desain yang berfokus pada daur ulang, yang menunjukkan bahwa desain untuk pembongkaran dan penggunaan kembali komponen secara langsung lebih unggul daripada daur ulang saja.

7. Penggunaan Kembali Material

Responden 3 menjelaskan bahwa dalam proyek renovasi bangunan komersial, beberapa material dari bangunan lama dapat digunakan kembali secara langsung. Contohnya adalah penggunaan kembali kayu dari pintu lama yang kemudian dimanfaatkan sebagai kusen pintu pada ruangan lain. Selain itu, kaca dari bangunan lama juga dapat digunakan kembali pada ruangan lain yang membutuhkan elemen kaca. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Hoxha et al., 2025) yang menyatakan Dalam skenario nasional Denmark, peningkatan *reuse* material bangunan (termasuk kayu dan kaca) dapat mengurangi dampak lingkungan hingga 22% secara rata-rata, dan bahkan sampai 70% di beberapa wilayah dengan rumah tinggal dan bangunan komersial adalah kontributor utama manfaat ini.

Sementara itu, Responden 2 menjelaskan bahwa strategi *reuse* pada bangunan komersial umumnya lebih banyak diterapkan pada elemen interior dibandingkan pada elemen fasad bangunan. Hal ini disebabkan karena fasad bangunan komersial sering kali menjadi elemen yang paling diperhatikan oleh pemilik atau pengembang sebagai citra visual bangunan. Oleh karena itu, material pada bagian interior lebih memungkinkan untuk digunakan kembali melalui proses pemolesan atau pengecatan ulang. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mrinalini et al., 2022) yang mengeksplorasi potensi penggunaan bahan yang dapat digunakan kembali dan didaur ulang serta bagaimana material-material ini dapat diintegrasikan dalam merancang ruang interior bangunan komersial.

8. Pengelompokan Skenario Prinsip Ekonomi Sirkular dari para ahli

Berdasarkan hasil wawancara dan validasi bersama para ahli, rumusan strategi pengembangan desain dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa skenario prinsip ekonomi sirkular, seperti penggunaan intensif dan memperpanjang masa pakai. Pemetaan selengkapnya mengenai skenario tersebut dan sumber masukannya dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kesimpulan skenario prinsip ekonomi sirkular dari para ahli

No	Skenario Ekonomi Sirkular	Strategi Pengembangan Desain	Sumber	Referensi riset terdahulu
1	Penggunaan Intensif	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mempertahankan struktur bangunan eksisting apabila masih layak digunakan. 2. Mengintegrasikan elemen bangunan lama dengan penambahan struktur baru tanpa membongkar seluruh bangunan. 3. Mengoptimalkan penggunaan ruang dan elemen bangunan yang masih berfungsi untuk mengurangi kebutuhan material baru. 	Responden 3	Hasik et al, 2019; Pittau et al.,2019; Leichter et al., 2024; Alba-Rodriguez et al., 2017; Bragadin et al., 2024
2	Memperpanjang Masa Pakai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Merancang penggunaan material secara efisien agar tidak menghasilkan banyak sisa konstruksi. 2. Mengatur pemotongan material sejak tahap desain sehingga seluruh bagian material dapat dimanfaatkan. 3. Merancang bangunan dengan mempertimbangkan kemungkinan penggunaan kembali material di masa depan. 	Responden 4	Liats et al., 2016; Tafesse, 2021; Juniawan et al., 2024; Ottenhaus et al., 2023
3	Prefabrikasi Modular	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan sistem konstruksi yang dirakit di lokasi proyek. 2. Mengembangkan komponen bangunan yang diproduksi di pabrik dengan ukuran yang presisi. 3. Mengurangi limbah konstruksi melalui produksi komponen bangunan yang terstandarisasi. 	Responden 3	Adam & Munanjar 2025; Loo et al., 2023; Lu et al., 2021
4	Pengurangan Berat Material	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mempertimbangkan penggunaan material yang lebih ringan 2. Menyesuaikan pemilihan material dengan atap salju, yaitu jenis sandwich panel yang memiliki berat sturktur yang ringan. 3. Menggunakan material yang efisien secara struktural tanpa mengurangi kualitas dan ketahanan bangunan. 	Responden 3	Su et al., 2022; Arcoo et al., 2023; Hafez et al., 2024
5	Material Rendah Karbon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memilih material yang memiliki nilai emisi lebih rendah. 2. Menggunakan material ramah lingkungan yang proses produksinya menghasilkan emisi karbon lebih kecil. 3. Mempertimbangkan penggunaan material alami seperti kayu yang memiliki potensi emisi karbon lebih rendah. 4. Memilih material yang memiliki sertifikasi rendah karbon atau standar bangunan hijau. 	Responden 1 dan 3	Jaemoon et al., 2023; Qian et al., 2025; Hu, 2023; Bianchet et al., 2023; Petrović et al., 2023
6	Daur Ulang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengolah kembali material bangunan lama menjadi elemen bangunan baru. 2. Menggunakan kembali komponen struktural atau material kayu lama sebagai elemen interior seperti pintu atau railing. 3. Mengintegrasikan material hasil daur ulang ke dalam desain bangunan yang baru. 	Responden 3	Minunno et al., 2020; Bertino et al., 2021; Graham, 2023; Yu et al., 2023
7	Penggunaan Kembali Material	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan kembali material bangunan lama tanpa proses pengolahan yang signifikan. 2. Memanfaatkan kembali material seperti kayu pintu, kusen, dan kaca dari bangunan lama. 3. Menerapkan penggunaan kembali terutama pada elemen interior bangunan. 4. Melakukan pemolesan atau pengecatan ulang material lama yang masih layak agar dapat digunakan kembali. 	Responden 2 dan 3	Hoxha et al., 2025; Mrinalini et al., 2022; Celadyn, 2019; Di Giovanni, G., & Laurini, E, 2025

KESIMPULAN

Strategi pengurangan emisi karbon pada renovasi bangunan komersial dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa skenario yang saling berkaitan dalam kerangka prinsip ekonomi sirkular.

Skenario penggunaan intensif menunjukkan bahwa pemanfaatan kembali struktur eksisting menjadi strategi utama yang paling sering diterapkan karena mampu menurunkan kebutuhan material baru serta mengurangi emisi karbon secara signifikan dibandingkan pembangunan ulang. Sementara itu, skenario memperpanjang masa pakai menekankan pentingnya perencanaan sejak awal agar bangunan memiliki umur layanan yang panjang melalui desain yang efisien, minim limbah, dan adaptif terhadap kebutuhan perubahan.

Selain itu, pendekatan prefabrikasi dan modular terbukti berperan dalam meningkatkan efisiensi konstruksi serta menurunkan emisi melalui proses produksi terkontrol di pabrik dan kemudahan perakitan di lapangan. Strategi pengurangan berat material dan material rendah karbon juga menunjukkan potensi dalam mengurangi beban struktur serta menurunkan *embodied carbon*, meskipun penerapannya masih dipengaruhi oleh pertimbangan desain, kekuatan, dan estetika bangunan.

Dari sisi pengelolaan material, strategi *reuse* dan *recycling* menunjukkan bahwa penggunaan kembali material lebih efektif dalam menurunkan emisi dibandingkan proses daur ulang, karena *recycling* masih membutuhkan energi tambahan dalam proses pengolahannya. Praktik *reuse* banyak diterapkan pada elemen interior yang masih memiliki nilai guna dan fleksibilitas tinggi untuk digunakan kembali.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam renovasi bangunan komersial tidak berdiri sebagai strategi tunggal, melainkan merupakan kombinasi dari berbagai pendekatan desain, material, dan proses konstruksi yang saling melengkapi. Integrasi berbagai skenario tersebut menjadi kunci utama dalam upaya menekan emisi karbon pada sektor bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Adam, M., & Munanjar, M. (2025). POTENSI KAYU ULIN (EUSIDEROXYLON ZWAGERI) SEBAGAI MATERIAL KONSTRUKSI BERKELANJUTAN UNTUK INFRASTRUKTUR JEMBATAN KAYU : KAJIAN LITERATUR SISTEMATIS. JICE (Journal of Infrastructural in Civil Engineering). <https://doi.org/10.33365/jice.v6i02.693>.

Akbarnezhad, A., & Xiao, J. (2017). Estimation and minimization of reuse carbon of buildings: A review. *Buildings*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.3390/buildings7010005>

Alba-Rodríguez, M., Martínez-Rocamora, A., González-Vallejo, P., Ferreira-Sanchez, A., & Marrero, M. (2017). Building rehabilitation versus demolition and new construction: Economic and environmental assessment. *Environmental*

Impact Assessment Review, 66, 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.002>.

Arceo, A., Saxe, S., & MacLean, H. (2023). Product stage embodied greenhouse gas reductions in single-family dwellings: Drivers of greenhouse gas emissions and variability between Toronto, Perth, and Luzon. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110599>.

Ayati, S. M., Shekarian, E., Majava, J., & Wæhrens, B. V. (2022). Toward a circular supply chain: Understanding barriers from the perspective of recovery approaches. *Journal of Cleaner Production*, 359, 131775. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131775>

Aydin, Y. C., Mirzaei, P. A., & Akhavanassab, S. (2019). On the relationship between building energy efficiency, aesthetic features and marketability: Toward a novel policy for energy demand reduction. *Energy Policy*, 128, 593-606. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.036>

Blanchet, P., Perez, C., & Cabral, M. (2023). Wood Building Construction: Trends and Opportunities in Structural and Envelope Systems. *Current Forestry Reports*, 10, 21 - 38. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00196-z>.

Bertino, G., Kisser, J., Zeilinger, J., Langergraber, G., Fischer, T., & Österreicher, D. (2021). Fundamentals of Building Deconstruction as a Circular Economy Strategy for the Reuse of Construction Materials. *Applied Sciences*, 11, 939. <https://doi.org/10.3390/app11030939>.

Bragadin, M., Calistri, M., & Predari, G. (2024). LCA-based strategic evaluation for building renovation construction projects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1389. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1389/1/012001>.

Carroll, A. (2025, 10 Februari). Embodied carbon vs. operational carbon. One Click LCA. <https://oneclicklca.com/en/resources/articles/embodied-carbon-vs-operational-carbon>

Celadyn, M. (2019). Interior Architectural Design for Adaptive Reuse in Application of Environmental Sustainability Principles. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11143820>.

Christovan, C., & Bueno, C. (2025, May 19-23). Embodied carbon reduction through material reuse: A case study [Presentasi makalah]. 23rd CIB World Building Congress, West Lafayette, IN, USA. <https://docs.lib.purdue.edu/cib-conferences>

Di Giovanni, G., & Laurini, E. (2025). Sustainable Procedures for the Recycling of Waste Building Materials: The Creative Recycling of Window Frames. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su17051793>.

Graham, L. (2023). Restore Value; an exploration of the reuse of timber waste through making interior components. <https://doi.org/10.26686/wqtn.23805012>.

Hafez, H., Bajic, P., Aidarov, S., Malija, X., Drewniok, M., Purnell, P., & Tošić, N. (2024). Parametric study on the decarbonization potential of structural system and concrete mix design choices for mid-rise concrete buildings. *Materials and Structures*, 57, 1-15. <https://doi.org/10.1617/s11527-024-02367-1>.

Hasik, V., Escott, E., Bates, R., Carlisle, S., Faircloth, B., & Bilec, M. (2019). Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new

- construction. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106218>.
- Heydari, M., & Heravi, G. (2023). A BIM-based framework for optimization and assessment of buildings' cost and carbon emissions. *Journal of Building Engineering*, 79, 107762. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107762>
- Hoxha, E., & Birgisdóttir, H. (2025). Recycling and reusing a robust solution, or a utopia for lowering the greenhouse gas emissions of buildings? The case of Denmark. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02507-x>.
- Hu, M. (2023). Exploring Low-Carbon Design and Construction Techniques: Lessons from Vernacular Architecture. *Climate*. <https://doi.org/10.3390/cli11080165>.
- IEA. (2025). *Global Energy and Climate Model*. Paris: International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model>
- Jaemooon, K., Duhwan, L., & Seunghoon, N. (2023). Potential for environmental impact reduction through building LCA(Life Cycle Assessment) of school facilities in material production stage. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110329>.
- Julistiono, E. K., Oldfield, P., & Cardellicchio, L. (2023). Vertical extensions: Stakeholder perspectives on development decisions and construction strategies. *Journal of Architectural Engineering*, 29(2). <https://doi.org/10.1061/JAEIED.AEENG-1474>
- Juniawan, N. A. B., Putera, I. G. A. A., & Aribudiman, I. N. (2024). Strategies for minimizing material waste with the application of lean construction in building construction projects. *Journal of Asian Multicultural Research for Economy and Management Study*, 5(4), 29–36. <https://doi.org/10.47616/jamrems.v5i4.526>
- Khan, S. A., Alam, T., Khan, M. S., Blecich, P., Kamal, M. A., Gupta, N. K., & Yadav, A. S. (2022). Life cycle assessment of embodied carbon in buildings: Background, approaches and advancements. *Buildings*, 12(11), 1944. <https://doi.org/10.3390/buildings12111944>
- Leichter, M., & Piccardo, C. (2024). Assessing life cycle sustainability of building renovation and reconstruction: A comprehensive review of case studies and methods. *Building and Environment*, 262, 111817. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111817>
- Llatas, C., & Osmani, M. (2016). Development and validation of a building design waste reduction model. *Waste management*, 56, 318-36. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.026>.
- Liang, S., Bian, X., Zhang, W., Wang, Y., Xu, M., & Wang, C. (2023). Towards net zero carbon buildings: Accounting the building embodied carbon and life cycle-based policy design for Greater Bay Area, China. *Geoscience Frontiers*, 15(2), 101760. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101760>
- Loo, B., Li, X., & Wong, R. (2023). Environmental comparative case studies on modular integrated construction and cast-in-situ construction methods. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139303>.
- Lützkendorf, T., & Balouktsi, M. (2022). Embodied carbon emissions in buildings: Explanations, interpretations, recommendations. *Buildings and Cities*, 3(1), 964–973. <https://doi.org/10.5334/bc.257>
- Lu, W., Lee, W., Xue, F., & Xu, J. (2021). Revisiting the effects of prefabrication on construction waste minimization: A quantitative study using bigger data. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105579>
- Mrinalini, A., Sasidhar, K., & Jayanthi, D. (2023). Study on the application of reuse and recyclable materials in designing the regional commercial interior spaces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1210(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1210/1/012019>
- Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G., Gruner, R., & Colling, M. (2018). Strategies for Applying the Circular Economy to Prefabricated Buildings. *Buildings*. <https://doi.org/10.3390/buildings8090125>.
- Nušholz, J., Çetin, S., Eberhardt, L., De Wolf, C., & Bocken, N. (2023). From circular strategies to actions: 65 European circular building cases and their decarbonisation potential. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 17, 200130. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200130>
- Ottenhaus, L. M., Yan, Z., Brandner, R., Leardini, P., Fink, G., & Jockwer, R. (2023). Design for adaptability, disassembly and reuse – A review of reversible timber connection systems. *Construction and Building Materials*, 400, 132823. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132823>
- Petrović, B., Eriksson, O., & Zhang, X. (2023). Carbon assessment of a wooden single-family building – A novel deep green design and elaborating on assessment parameters. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110093>.
- Pittau, F., Amato, C., Cuffari, S., Iannaccone, G., & Malighetti, L. (2019). Environmental consequences of refurbishment vs. demolition and reconstruction: a comparative life cycle assessment of an Italian case study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 296. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/296/1/012037>.
- Planet Mark. (2024, 23 Januari). Reducing carbon emissions in construction: Embodied carbon vs operational carbon. <https://www.planetmark.com/news-and-blogs/construction/reducing-carbon-emissions-in-construction-embodied-carbon-vs-operational-carbon/>
- Qian, Y., Gunawardena, T., Mendis, P., & Aye, L. (2025). Carbon footprint variability in engineered wood products for timber buildings: A systematic review of carbon accounting methodologies. *Sustainability*, 17(11), 4804. <https://doi.org/10.3390/su17114804>
- Shanbhag, S. S., & Dixit, M. K. (2025). Integrating evolving energy economy scenarios in dynamic life cycle assessment of buildings. *Environmental Impact Assessment Review*, 112,

107772.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107772>
- Štompf, L., & Vávrová, K. (2025). The environmental impacts of façade renovation: A case study of an office building. *Sustainability*, 17(11), 6766. <https://doi.org/10.3390/su17116766>
- Su, B., Zhang, T., Chen, S., Hao, J., & Zhang, R. (2022). Thermal properties of novel sandwich roof panel made of basalt fiber reinforced plastic material. *Journal of Building Engineering*, 52, 104478. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104478>
- Sudarsan, J. S., Vaishampayan, S., & Parija, P. (2022). Making a case for sustainable building materials to promote carbon neutrality in Indian scenario. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(5), 1609–1617. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02251-4>
- Tafesse, S. (2021). Material waste minimization techniques in building construction projects. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 14(1), 1–19. <https://doi.org/10.4314/ejst.v14i1.1>
- UNEP (United Nations Environment Programme). (2022). 2022 Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. Nairobi: United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>.
- Wang, G., Luo, T., Luo, H., Liu, R., Liu, Y., & Liu, Z. (2024). A comprehensive review of building lifecycle carbon emissions and reduction approaches. *City and Built Environment*, 2(1), Article 12. <https://doi.org/10.1007/s44213-024-00036-1>
- Yu, B., Luo, J., Shi, Y., Zhao, M., Fingrut, A., & Zhang, L. (2023). Framework for sustainable building design and construction using off-cut wood. *npj Materials Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s44296-023-00002-8>.
- Yue, Z., & Dai, T. (2024). Circular economy strategies research for Beijing buildings in a low-carbon future. *Sustainable Cities and Society*, 105894. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105894>
- Zhao, Y., Li, C. Z., Shen, G. Q., Teng, Y., Wu, H., & Liu, R. (2025). Managing carbon emissions in construction: Current status and emerging trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 211, 115237. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115237>