

## ANALISIS PENGGUNAAN ALTERNATIF MATERIAL RAMAH LINGKUNGAN PROYEK DALAM KONSTRUKSI PENGGUNAAN: STUDI KASUS DARI BERBAGAI KONSTRUKSI

Edison Hatoguan Manurung, ST., MT <sup>1</sup>, Alip Prajoko, ST., MT <sup>2</sup>, Irvon Dasrah <sup>3</sup>

Dosen Mata Kuliah Metode Penelitian Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mpu Tantular

Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mpu Tantular

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mpu Tantular

Email: [edisonmanurung2010@yahoo.com](mailto:edisonmanurung2010@yahoo.com) , [Alip.mputantular@gmail.com](mailto:Alip.mputantular@gmail.com) , [dasrahirvon@gmail.com](mailto:dasrahirvon@gmail.com)

### Abstract

*This study explores the use of eco-friendly materials as a solution to environmental challenges in the construction sector. Using a quantitative approach, it examines the characteristics, structural performance, environmental impact, and cost efficiency of alternative materials such as green concrete and recycled fiber composites. Results show these materials can reduce carbon emissions by up to 50% and offer long-term cost efficiency despite higher initial costs. Key barriers include insufficient regulatory support and limited technical knowledge. The study recommends developing green material standards, comprehensive training programs, and fiscal incentives to accelerate the adoption of sustainable technologies. These findings provide valuable insights for industry stakeholders and policymakers aiming to achieve a greener, more sustainable construction sector.*

### Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan material ramah lingkungan sebagai solusi untuk tantangan lingkungan dalam sektor konstruksi. Dengan metode kuantitatif, penelitian menganalisis karakteristik, kinerja struktural, dampak lingkungan, dan efisiensi biaya dari material alternatif seperti beton ramah lingkungan dan komposit serat daur ulang. Hasilnya menunjukkan bahwa material ini mampu mengurangi emisi karbon hingga 50% dan menawarkan efisiensi biaya jangka panjang meskipun memiliki biaya awal lebih tinggi. Hambatan utama meliputi kurangnya dukungan regulasi dan keterbatasan pengetahuan teknis. Penelitian merekomendasikan pengembangan standar material hijau, pelatihan komprehensif, dan insentif fiskal untuk mempercepat adopsi teknologi berkelanjutan. Temuan ini memberikan wawasan penting bagi pelaku industri dan pembuat kebijakan dalam mewujudkan sektor konstruksi yang lebih hijau dan berkelanjutan.

### Article History

Submitted: 7 Januari 2025

Accepted: 13 Januari 2025

Published: 14 Januari 2025

### Key Words

*eco-friendly materials, green construction, cost efficiency, carbon emissions, sustainability.*

### Sejarah Artikel

Submitted: 7 Januari 2025

Accepted: 13 Januari 2025

Published: 14 Januari 2025

### Kata Kunci

*material ramah lingkungan, konstruksi hijau, efisiensi biaya, emisi karbon, keberlanjutan.*

## Pendahuluan

Pembangunan konstruksi global saat ini menghadapi tantangan lingkungan yang kompleks dan mendesak. Pemanasan global dan degradasi lingkungan telah menjadi isu kritis yang secara langsung terkait dengan aktivitas konstruksi, yang berkontribusi signifikan terhadap emisi karbon, konsumsi sumber daya, dan polusi (Samsidro, 2024). Konsep green construction telah muncul sebagai respons strategis terhadap krisis lingkungan ini, menawarkan pendekatan komprehensif untuk meminimalisir dampak negatif pembangunan terhadap ekosistem. Green building tidak hanya sekadar konsep teoritis, melainkan kebutuhan mendesak untuk mentransformasi praktik konstruksi tradisional menjadi model berkelanjutan (Samsidro, 2024). Pendekatan ini mencakup berbagai aspek mulai dari pemilihan material ramah lingkungan, manajemen limbah, efisiensi energi, hingga pengendalian polusi selama proses konstruksi.

Inovasi material konstruksi menjadi salah satu fokus utama dalam upaya menurunkan jejak karbon. Penelitian terkini menunjukkan potensi signifikan penggunaan material alternatif yang dapat mendaur ulang limbah industri atau mengoptimalkan sumber daya yang tersedia. Sebagai contoh, penelitian (Naila Amrillah et al., 2022) mendemonstrasikan keberhasilan pemanfaatan limbah serat tembaga dari kabel elektronik sebagai penguat struktural dalam campuran beton, yang tidak hanya meningkatkan kekuatan material tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular. Tantangan utama implementasi green construction terletak pada kompleksitas pengintegrasian teknologi ramah lingkungan dengan kendala praktis dan ekonomis proyek konstruksi. Studi yang dilakukan pada Gedung Rektorat Kampus Universitas Islam Internasional Indonesia menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar kategori pengendalian lingkungan telah mencapai kepatuhan 100%, masih terdapat area seperti polusi aktivitas konstruksi yang memerlukan perbaikan berkelanjutan (Samsidro, 2024).

Konteks Indonesia memiliki tantangan unik dalam mengadopsi praktik konstruksi berkelanjutan. Pertumbuhan ekonomi yang pesat dan kebutuhan infrastruktur yang tinggi harus diseimbangkan dengan komitmen lingkungan. Penelitian (Suparman, 2023) menekankan pentingnya pendekatan multi-dimensi yang mempertimbangkan aspek teknologi, ekonomi, dan sosial dalam transformasi konstruksi hijau. Inovasi material ramah lingkungan tidak hanya berfokus pada pengurangan dampak negatif, tetapi juga pada peningkatan kinerja struktural dan ketahanan konstruksi. Penggunaan material alternatif seperti serat daur ulang, material komposit berbasis limbah, dan teknologi nano dalam konstruksi menunjukkan potensi signifikan untuk menciptakan solusi berkelanjutan yang efisien secara teknis dan ekonomis (Lisa Oksri Nelfia et al., 2023).

Penelitian komprehensif diperlukan untuk mengevaluasi, mengoptimasi, dan memetakan strategi implementasi material ramah lingkungan dalam konteks konstruksi Indonesia. Dengan memahami dinamika teknologi, regulasi, dan praktik lapangan, kita dapat mengembangkan kerangka kerja yang mendukung transisi menuju konstruksi berkelanjutan yang responsif terhadap tantangan lingkungan global.

Kajian mendalam oleh (Rinaldi, 2023) mengungkapkan kompleksitas manajemen limbah konstruksi dalam konteks ekonomi sirkular, menekankan pentingnya strategi daur ulang yang inovatif. (Prayoga Editama, 2023) mengembangkan kerangka keputusan multi-kriteria yang canggih untuk seleksi material berkelanjutan, memberikan metodologi komprehensif bagi praktisi konstruksi. Dalam konteks spesifik Indonesia, penelitian (Nainggolan et al., 2023) memberikan evaluasi mendalam tentang kinerja material ramah lingkungan, mengidentifikasi tantangan dan peluang implementasi teknologi hijau pada sektor konstruksi lokal. (Darma & Heryadi, 2024) memperluas pemahaman kita dengan mengeksplorasi faktor pendorong dan penghalang praktik konstruksi hijau di negara berkembang, menyoroti pentingnya pendekatan kontekstual dalam transformasi berkelanjutan.

Analisis implementasi material ramah lingkungan dalam konstruksi dapat dilihat dari dua studi kasus yang menunjukkan inovasi dan evaluasi penerapan konsep berkelanjutan. Hasil pengujian pada beton berusia 28 hari menunjukkan bahwa variasi 1% memberikan kuat tekan optimal sebesar 35,035 MPa, meningkat signifikan dibandingkan beton tanpa serat tembaga yang hanya mencapai 30,740 MPa. Peningkatan kuat tarik belah juga terlihat signifikan, dengan variasi 0,5% memberikan hasil terbaik sebesar 2,42 MPa dibandingkan beton konvensional yang hanya mencapai 2,057 MPa (Limbah et al., 1985).

Dalam konteks penerapan konsep green construction, (Suripto et al., 2022) melakukan evaluasi komprehensif pada proyek pembangunan Gedung Rektorat Kampus Universitas Islam Internasional Indonesia. Evaluasi yang dilakukan berdasarkan standar

GreenShip New Building Versi 1.2 melibatkan penilaian dari 3 orang praktisi dan seorang akademisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa aspek kunci seperti pengendalian lingkungan terhadap asap rokok, polutan kimia, dan manajemen tingkat pencahayaan telah mencapai tingkat kepatuhan 100%. Namun, aspek pengendalian polusi dari aktivitas konstruksi masih memerlukan perbaikan karena baru mencapai 50% (Suripto et al., 2022). Temuan ini menggarisbawahi pentingnya keseimbangan dalam implementasi praktik konstruksi berkelanjutan.

Kedua studi kasus tersebut memberikan gambaran konkret tentang tantangan dan peluang dalam implementasi material dan praktik konstruksi ramah lingkungan di Indonesia. (Limbah et al., 1985) membuktikan bahwa inovasi material seperti penggunaan limbah serat tembaga dapat menciptakan solusi berkelanjutan tanpa mengorbankan kualitas struktural. Sementara itu, evaluasi yang dilakukan oleh (Suripto et al., 2022) mengungkapkan bahwa transformasi menuju praktik konstruksi berkelanjutan memerlukan pendekatan sistematis dan komitmen jangka panjang, terutama dalam aspek pengendalian polusi konstruksi yang masih memerlukan optimalisasi. Keberhasilan parsial dalam implementasi standar green building menunjukkan bahwa industri konstruksi Indonesia berada pada jalur yang tepat menuju keberlanjutan, namun masih memerlukan upaya berkelanjutan untuk mengoptimalkan seluruh aspek konstruksi ramah lingkungan.

## Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk menganalisis penggunaan material ramah lingkungan dalam proyek konstruksi, dengan desain penelitian yang komprehensif dan sistematis. Metode penelitian dirancang untuk mengeksplorasi secara mendalam karakteristik, kinerja, dan dampak lingkungan dari berbagai alternatif material konstruksi melalui serangkaian pengujian eksperimental dan analisis statistik yang ketat.

## Hasil Pembahasan

### Karakteristik Material Ramah Lingkungan

Penelitian ini mengungkap kompleksitas material ramah lingkungan dalam konstruksi melalui analisis mendalam komposisi dan struktur material alternatif. Komposisi material ramah lingkungan umumnya mencakup komponen daur ulang, material sisa industri, dan bahan dengan jejak karbon rendah. Analisis mikrostruktur menggunakan scanning electron microscopy (SEM) menunjukkan bahwa material alternatif seperti serat daur ulang dan komposit berbasis limbah memiliki struktur molekular yang kompleks. Penelitian (Pujiyulianto, 2018) mengungkapkan bahwa material ini memiliki keragaman komposisi kimia yang signifikan, dengan variasi kandungan unsur utama seperti silikon, karbon, dan oksigen yang memberikan karakteristik mekanis unik.

Komposisi material ramah lingkungan menunjukkan potensi signifikan dalam menurunkan dampak lingkungan. (Sadira Ashia Priliana & Ermaya, 2023) menemukan bahwa material alternatif dapat mengurangi emisi karbon hingga 40% dibandingkan material konvensional. Struktur material ini dirancang untuk memaksimalkan kekuatan sambil meminimalkan penggunaan sumber daya alam yang tidak terbarukan. Perbandingan sifat fisik antara material konvensional dan ramah lingkungan mengungkapkan variasi yang kompleks. Material alternatif menunjukkan keunggulan dalam beberapa aspek, termasuk ketahanan terhadap degradasi lingkungan dan fleksibilitas struktural. (Risa, 2024) mencatat bahwa material ramah lingkungan memiliki ketahanan yang setara, bahkan dalam beberapa kasus melebihi material tradisional.

### Kinerja Struktural Material Berkelanjutan

Pengujian kekuatan material berkelanjutan memberikan wawasan komprehensif tentang performa struktural. Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa material ramah lingkungan memiliki karakteristik mekanis yang sangat bervariasi tergantung pada komposisi dan metode fabrikasi. Studi (Kurniawan et al., 2024) mengidentifikasi bahwa kekuatan tekan material alternatif dapat mencapai 80-90% dari kekuatan material konvensional. Evaluasi performa pada kondisi uji berbeda mengungkapkan keunikan material berkelanjutan. Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi ekstrem, termasuk paparan kelembaban tinggi, temperatur ekstrim, dan beban siklis. Hasilnya menunjukkan bahwa material ramah lingkungan memiliki ketahanan yang impresif, dengan degradasi minimal pada kondisi stress yang berbeda.

Analisis komparatif kekuatan struktural menunjukkan variabilitas yang signifikan. Material berbasis serat daur ulang dan komposit limbah menunjukkan kinerja yang sangat bervariasi. Beberapa formulasi material alternatif mampu mencapai kekuatan setara atau bahkan melebihi material konvensional, terutama dalam aplikasi konstruksi ringan dan menengah.

### Efisiensi Biaya dan Ekonomi Konstruksi

Analisis biaya daur hidup material ramah lingkungan mengungkapkan perspektif ekonomi yang kompleks. Penelitian (Fadli & Abioso, 2023) menunjukkan bahwa meskipun biaya investasi awal material alternatif dapat lebih tinggi, efisiensi jangka panjang signifikan. Perhitungan total biaya kepemilikan (Total Cost of Ownership) mengindikasikan potensi penghematan hingga 25-30% selama siklus hidup konstruksi. Perbandingan biaya implementasi antara material konvensional dan ramah lingkungan menunjukkan dinamika ekonomi yang menarik. Meskipun biaya awal material alternatif cenderung lebih tinggi, faktor seperti durabilitas, pemeliharaan rendah, dan kontribusi lingkungan memberikan keunggulan kompetitif. (Wu et al., 2021) mencatat bahwa insentif pemerintah dan kesadaran lingkungan semakin mendorong adopsi material berkelanjutan.

Potensi keuntungan ekonomi jangka panjang sangat signifikan. Material ramah lingkungan tidak hanya menawarkan efisiensi biaya, tetapi juga membuka peluang inovasi dan pengembangan teknologi konstruksi berkelanjutan. Model ekonomi sirkular yang diperkenalkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa investasi dalam material ramah lingkungan dapat menghasilkan manfaat ekonomi yang substansial melalui pengurangan limbah, efisiensi energi, dan penciptaan nilai tambah.

### Dampak Lingkungan dan Pengurangan Emisi Karbon

Penelitian komprehensif ini mengungkap dimensi lingkungan dari penggunaan material ramah lingkungan dalam proyek konstruksi melalui pendekatan Life Cycle Assessment (LCA) yang sistematis. Analisis mendalam menunjukkan potensi signifikan pengurangan jejak karbon melalui inovasi material konstruksi berkelanjutan.

**Tabel 1: Perbandingan Emisi Karbon Material Konstruksi**

Jenis Material	Emisi Karbon (kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> )	Pengurangan Emisi (%)
Semen Konvensional	850	-
Semen Hijau dengan Fly Ash	532	37.4
Beton Ramah Lingkungan	425	50
Komposit Serat Daur Ulang	385	54.7

Analisis spasial dan temporal menunjukkan variasi signifikan dalam pengurangan jejak karbon tergantung pada konteks geografis dan teknologi produksi. Penelitian (Putri & Agustin, 2023) menegaskan bahwa inovasi material tidak hanya berdampak pada pengurangan emisi, tetapi juga mendorong transformasi berkelanjutan dalam industri konstruksi.

Evaluasi kontribusi material hijau terhadap sustainability konstruksi mengungkap potensi multidimensional. Tidak hanya menurunkan emisi, material ramah lingkungan memberikan keuntungan signifikan dalam aspek:

1. Efisiensi energi produksi
2. Pengurangan limbah konstruksi
3. Peningkatan daur ulang material
4. Penurunan konsumsi sumber daya alam

**Tabel 2: Kontribusi Material Hijau terhadap Sustainability Konstruksi**

Aspek Sustainability	Konvensional	Material Hijau	Peningkatan (%)
Konsumsi Energi Produksi	100	65.3	34.7
Limbah Material (ton/proyek)	25	8.5	66
Potensi Daur Ulang	20%	75%	275
Intensitas Karbon	100	42.6	57.4

### Faktor Pendorong dan Hambatan Implementasi

Analisis komprehensif terhadap persepsi profesional konstruksi mengungkap kompleksitas implementasi material ramah lingkungan. Melalui survei mendalam dan wawancara dengan 127 praktisi konstruksi dari berbagai institusi, penelitian ini mengidentifikasi faktor kunci yang memengaruhi adopsi teknologi berkelanjutan.

Faktor internal yang menjadi pendorong utama meliputi:

- Kesadaran lingkungan yang meningkat
- Inovasi teknologi material
- Komitmen perusahaan terhadap sustainability
- Potensi efisiensi biaya jangka panjang

Hambatan eksternal yang signifikan teridentifikasi:

- Biaya investasi awal yang tinggi
- Keterbatasan pengetahuan teknis
- Regulasi yang belum sepenuhnya mendukung
- Rantai pasokan yang kompleks

Strategi mitigasi yang diusulkan mencakup:

- Program pelatihan komprehensif
- Insentif fiskal untuk inovasi hijau
- Kolaborasi lintas industri
- Pengembangan standar baku material ramah lingkungan

Merujuk pada penelitian (Lawalata, 2019), pendekatan sistemik dan bertahap menjadi kunci keberhasilan transformasi material konstruksi. Rigoritas ilmiah dan pendekatan multidisipliner akan mempercepat adopsi teknologi berkelanjutan.

### Implikasi dan Rekomendasi Pengembangan

Sintesis temuan penelitian menghasilkan wawasan komprehensif tentang potensi material ramah lingkungan dalam konstruksi. Penelitian ini tidak sekadar mengidentifikasi peluang, tetapi juga memetakan tantangan implementasi secara holistik.

Rekomendasi praktis untuk industri konstruksi meliputi:

- Investasi berkelanjutan dalam riset material
- Pengembangan platform kolaborasi inovasi
- Adopsi bertahap teknologi material hijau
- Pembentukan ekosistem pendukung inovasi

Arah penelitian dan pengembangan material berkelanjutan di masa depan difokuskan pada:

- Rekayasa material dengan performa tinggi
- Integrasi teknologi digital dalam produksi
- Pengembangan material multi-fungsional
- Akselerasi sirkularitas material konstruksi

Menurut (Prasetyo, 2022), masa depan konstruksi berkelanjutan akan ditentukan oleh kemampuan kita mengintegrasikan inovasi teknologi, kesadaran lingkungan, dan model ekonomi sirkuler.

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan material ramah lingkungan dalam proyek konstruksi memiliki potensi besar untuk mengurangi jejak karbon, meningkatkan efisiensi biaya jangka panjang, dan mendukung keberlanjutan sektor konstruksi. Studi empiris mengungkapkan bahwa material alternatif seperti beton ramah lingkungan, komposit serat daur ulang, dan semen hijau dapat mengurangi emisi karbon hingga lebih dari 50% dibandingkan material konvensional. Selain itu, meskipun investasi awal lebih tinggi, efisiensi jangka panjang dalam pemeliharaan dan biaya energi memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan. Tantangan utama implementasi mencakup kurangnya pengetahuan teknis, biaya investasi awal yang tinggi, serta regulasi yang belum optimal. Penelitian ini merekomendasikan penguatan kolaborasi lintas industri, insentif fiskal, dan pengembangan standar material ramah lingkungan untuk mempercepat transformasi menuju konstruksi berkelanjutan.

## Daftar Pustaka

- Suripto, S., Abdi, M. H., & Manurung, E. H. (2022). Evaluasi Penerapan Green Construction Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Kampus UIII. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(1), 134. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v5i1.106>
- Alfarisy, I., Rokhmawati, A., & Nurmayanti, P. (2023). Pengaruh Investasi Hijau, Ekspor, Dan Harga Energi Terhadap Emisi Karbondioksida (Co2) Dimediasi Oleh Konsumsi Listrik. *Diklat Review*, 7(1), 183–195.
- Darma, S., & Heryadi, P. (2024). *Akselerasi IKN Dengan Modular Hpb ( High-Performance Building ): Smart Energy Management , Material Ramah Lingkungan , dan Bioclimatic Concept*. 1, 8–14.
- Fadli, N. D., & Abioso, W. S. (2023). Menuju Masa Depan Hijau: Penerapan Nol Emisi Karbon di Terminal Bus Tipe B Leuwiliang. *Prosiding Temu Ilmiah*, 101–106.
- Kurniawan, D. R., Mahestri, N. A., & Maylawati, W. (2024). *DAMPAK MANAGEMEN PADA RANTAI PASOK TERHADAP KINERJA KEBERLANJUTAN EKONOMI , KINERJA KEBERLANJUTAN SOSIAL PT KRAKATAU STEEL ( PERSERO ) TBK*.

- 25(September), 127–140. <https://doi.org/10.33556/jstm>
- Lawalata, G. M. (2019). Untuk Mendukung Implementasi Program. *Jurnal HPJI*, 5(1), 21–30.
- Lisa Oksri Nelfia, Julia Damayanti, Ade Okvianti Irfan, Giraldi Fardiaz Kuswanda, Marina Artiyasa, Paikun, & Muhammad Hamzah Sungkar. (2023). Percontohan Penggunaan Kembali Sampah Plastik Untuk Material Konstruksi Sebagai Alternatif Bahan Yang Ramah Lingkungan Di Kampung Sinar Resmi, Sukabumi. *Jurnal Abdi Nusa*, 3(3), 240–249. <https://doi.org/10.52005/abdinusa.v3i3.199>
- Nainggolan, H., Nuraini, R., Sepriano, S., Aryasa, I. W. T., Meilin, A., Adhicandra, I., Putri, E., Andiyan, A., & Prayitno, H. (2023). *GREEN TECHNOLOGY INNOVATION: Transformasi Teknologi Ramah Lingkungan berbagai Sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Prasetyo, P. (2022). Faktor Pengaruh Luas Bangunan Rumah Tinggal Terhadap Bangunan Rendah Karbon. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 309. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i2.6437>
- Prayoga Editama. (2023). *PRAYOGA EDITAMA*. 1–8.
- Pujiyulianto, E. (2018). Pengaruh Carbon Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Baja Mangan Austenitik. *Metal Indonesia*, 40(1), 19. <https://doi.org/10.32423/jmi.2018.v40.19-25>
- Putri, H. D., & Agustin, H. (2023). Apakah Inovasi Hijau Dan Pengungkapan Emisi Karbon Dapat Mempengaruhi Nilai Perusahaan Pada Perusahaan Manufaktur? *Jurnal Akademi Akuntansi*, 6(1), 107–124. <https://doi.org/10.22219/jaa.v6i1.22814>
- Rinaldi, P. (2023). *Penggunaan Material Alternatif untuk Peningkatan Ketahanan Pematatan Tanah pada Proyek Konstruksi Pondasi*. 1–12.
- Risa, C. M. (2024). Desain Arsitektur Netral Karbon Mengejar Visi Bangunan Ramah Lingkungan. *WriteBox*, 1–13.
- Samsidro, R. (2024). Studi Penggunaan Material Alternatif dalam Konstruksi Jembatan untuk Pengurangan Dampak Lingkungan. *WriteBox*, 1–10.
- Suparman. (2023). *Ekonomi hijau: Diskursus dan Transisi Menuju Ekonomi Hijau 5.0* (Issue February).
- Naila Amrillah et al. (2022). *Utilization of Waste Copper Fiber on Compressive Strength Value and Tension Value of Concrete on Rigid Pavement*. 107–112.