

Kinerja Material *Green Building* dan Material Konvensional Dalam Konstruksi Bangunan Gedung

Olivia Moningka¹, Stefani Switly Peginusa², Sudarno³, Fery Sondakh⁴, Rayhan Janis⁵

Teknik Jalan Jembatan, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ^{1,4}
Konstruksi Bangunan Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ^{2,5}
Teknik Sipil, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado ³
E-mail: switly.peginusa@polimdo.ac.id

Abstrak

Bangunan hijau merupakan salah satu konsep pembangunan berkelanjutan yang telah ditetapkan oleh pemerintah dalam undang-undang nomor 32 tahun 2009. Pembangunan berkelanjutan merupakan sebuah proses yang dilakukan secara sadar dan dirancang dengan perencanaan matang, dimana aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi digabungkan ke dalam kebijakan pembangunan. Tujuan utamanya adalah melestarikan lingkungan serta memastikan keselamatan, kesejahteraan, kapasitas, dan kualitas hidup generasi saat ini dan masa depan. Pemilihan material bangunan yang ramah lingkungan memainkan peran krusial dalam meningkatkan efisiensi energi pada bangunan hijau. Material dengan isolasi termal yang baik dapat mengurangi energi yang hilang, sementara penggunaan bahan daur ulang atau material alami dapat membantu menurunkan emisi karbon bangunan selama masa penggunaannya. Tujuan penelitian ini adalah tinjauan implementasi untuk menganalisis dan membandingkan kinerja pemanfaatan material ramah lingkungan dengan material konvensional dalam konstruksi bangunan hijau. Penelitian ini mengadopsi metode pendekatan kualitatif dan kuantitatif dengan melakukan studi kasus, analisis pustaka dan perbandingan biaya. Studi kasus difokuskan pada penerapan material ramah lingkungan dalam pembangunan bangunan hijau pada bangunan di IKN. Analisis material (teknis, lingkungan, dan ekonomi) menunjukkan bahwa green material memiliki keunggulan dalam aspek teknis dan lingkungan. Namun, mungkin memiliki peningkatan biaya 59,25% lebih tinggi dibandingkan dengan material konvensional.

Kata kunci — green material, building, konvensional.

1. PENDAHULUAN

Suhu di bumi terus mengalami peningkatan akibat bertambahnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Pemanasan global yang terjadi pada abad ke-21 memicu perubahan iklim yang membawa dampak serius, terutama bagi Indonesia. Pemanasan global adalah kondisi di mana suhu permukaan Bumi meningkat sebagai akibat dari efek rumah kaca. Berdasarkan data dari Kementerian yang merujuk pada laporan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), efek rumah kaca berkontribusi terhadap peningkatan suhu rata-rata global antara 1⁰ hingga 5⁰ Celsius. Apabila emisi gas rumah kaca terus meningkat seperti sekarang, maka suhu global diperkirakan akan naik sekitar 2⁰ Celsius setiap dekade. Kenaikan suhu ini tentu akan memengaruhi kondisi lingkungan bumi, khususnya dengan memicu gangguan pola cuaca dan iklim. Di Indonesia, subsektor bangunan gedung menjadi kontributor utama emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dalam sektor energi, dengan rata-rata kontribusi sekitar 33% selama periode 2011 hingga 2021. Karena itu melalui Peraturan Presiden nomor 98 Tahun 2021 pemerintah berkomitmen untuk mengurangi GRK 29% sampai 41% pada tahun 2030 dibandingkan dengan *baseline* emisi GRK (Kementerian PUPR, 2023).

Bangunan hijau merupakan salah satu konsep pembangunan berkelanjutan yang telah di tetapkan oleh pemerintah dalam undang-undang nomor 32 tahun 2009. Pembangunan berkelanjutan merupakan sebuah proses yang dilakukan secara sadar dan dirancang dengan perencanaan matang, di mana aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi digabungkan ke dalam kebijakan pembangunan. Tujuan utamanya adalah melestarikan lingkungan serta memastikan keselamatan, kesejahteraan, kapasitas, dan kualitas hidup generasi saat ini dan masa depan (Peginusa et al., 2024). Sedangkan, bangunan hijau adalah sebuah konsep pembangunan yang mempertimbangkan dampak terhadap iklim dan lingkungan hidup sejak tahap perencanaan, konstruksi, operasional, hingga pembongkaran bangunan. Diharapkan konsep ini mampu mengurangi dampak krisis iklim dan menjadi salah satu solusi yang efektif (Peginusa, 2025). Bangunan hijau harus mampu menekan emisi karbon melalui penggunaan energi, air, dan material secara efisien. Salah satu faktor penting yang diperhatikan adalah pemilihan material, karena bahan bangunan memiliki peran besar dalam mendukung efisiensi energi dan kelestarian lingkungan. Penggunaan material yang tepat, khususnya bahan bangunan yang ramah lingkungan atau bersifat ekologis, dapat menghasilkan bangunan yang berkualitas sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan. Material ramah lingkungan adalah bahan yang tidak merusak lingkungan atau membahayakan kesehatan saat digunakan maupun saat dibuang. Sementara itu, *Green Material* memiliki peran yang lebih luas, tidak hanya dari sisi keamanannya terhadap lingkungan, tetapi juga mencakup keberlanjutan sumber bahan, proses produksi, distribusi, hingga penerapannya. Penggunaan material ini juga dapat mengurangi konsumsi energi (listrik dan air), meningkatkan kesehatan dan kenyamanan penghuni, serta mempermudah perawatan bangunan secara efisien (Ramadhan et al., 2021).

Penelitian terdahulu terhadap beberapa material bangunan yang ramah lingkungan telah banyak dilakukan. Ayuningtyas (2021), melakukan pembahasan mengenai penggunaan material yang memenuhi standar *Greenship* yang merupakan salah satu bentuk kontribusi dalam pelestarian ekosistem serta pemanfaatan sumber daya alam secara efisien. Ditemukan bahwa material ramah lingkungan yang memenuhi standar *Greenship* adalah material yang memenuhi kriteria penilaian *Material Resource and Cycle* secara jelas dan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh *Green Building Council Indonesia*. Ramadhan et al., (2021) mendapati bahwa penggunaan material ramah lingkungan memberikan berbagai manfaat, mulai dari proses pembangunan yang menghasilkan emisi karbon rendah, kemudahan dalam perawatan bangunan, hingga dampak positif bagi lingkungan sekitar. Terdapat banyak faktor yang menentukan apakah suatu bangunan tergolong ramah lingkungan atau tidak, termasuk jumlah emisi yang dihasilkan sejak pra-produksi hingga pasca-produksi material. Dilakukan analisis untuk melihat keterkaitan antara penerapan aspek material ramah lingkungan (*green material*) dalam kriteria green building dengan siklus hidup pengadaan material bangunan (*building material life cycle*). Hasilnya menunjukkan bahwa pemilihan material berdasarkan kriteria green material dari kedua perspektif tersebut sebaiknya dilakukan secara berkelanjutan guna mendukung kelestarian lingkungan melalui penggunaan material (Syahriyah, 2017). Pemilihan material bangunan yang ramah lingkungan memainkan peran krusial dalam meningkatkan efisiensi energi pada bangunan hijau. Material dengan isolasi termal yang baik dapat mengurangi energi yang hilang, sementara penggunaan bahan daur ulang atau material alami dapat membantu menurunkan emisi karbon bangunan selama masa penggunaannya (Andrian, 2024). Material bangunan yang digunakan sebaiknya memiliki sertifikasi lingkungan (*green certified*). Idealnya, material tersebut berasal dari sumber daya alam lokal untuk menekan biaya dan dampak lingkungan akibat transportasi, atau diproduksi dari energi terbarukan yang dikelola secara berkelanjutan. Selain itu, kemampuan material untuk didaur ulang juga menjadi faktor penting dalam pemilihannya, agar limbah bangunan dapat

diminimalkan dan tidak mengganggu keseimbangan ekosistem (Simanjuntak et al., 2024). Contoh lainnya yang diterapkan di bangunan gedung seperti sekolah dan kampus (Hapsari, 2018)(Ratnaningsih et al., 2019).

Berdasarkan latar belakang diatas maka dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana karakteristik material green building dibandingkan dengan material konvensional, serta apa saja kelebihan dan kekurangan masing-masing material dalam aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah tinjauan implementasi untuk menganalisis dan membandingkan kinerja pemanfaatan material ramah lingkungan dengan material konvensional dalam konstruksi bangunan hijau. Manfaatnya diharapkan dapat memberikan informasi bagi praktisi konstruksi, akademisi, dan pembuat kebijakan mengenai alternatif material yang berkelanjutan. Pada penelitian ini digunakan tinjauan bangunan hijau yang ada di Ibu Kota Nusantara sebagai bahan penelitian penerapan material green building.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi metode pendekatan kualitatif dan kuantitatif dengan melakukan studi kasus, analisis pustaka dan perbandingan biaya. Studi kasus difokuskan pada penerapan material ramah lingkungan dalam pembangunan bangunan hijau. Data yang digunakan adalah data yang dikumpulkan berdasarkan hasil observasi lapangan dan data sekunder lainnya dari pelaksana proyek. Data dari studi kasus ini dimanfaatkan untuk menilai efektivitas penggunaan material ramah lingkungan, kaitannya dengan proses sertifikasi, serta dampaknya terhadap lingkungan. Objek data berupa evaluasi penggunaan material ramah lingkungan pada proyek bangunan hijau di Ibu Kota Nusantara. Lingkup pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan dinding, pekerjaan langit-langit, pekerjaan *finishing* lantai, dan pekerjaan *finishing* dan aksesoris. Selain itu, kajian literatur mengenai bangunan hijau, material ramah lingkungan, serta sumber-sumber relevan lainnya juga dianalisis sebagai data pelengkap dalam penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan material ramah lingkungan (*green material*) dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tahap utama, yaitu tahap pengadaan bangunan, tahap operasional bangunan, dan tahap pengelolaan limbah. Klasifikasi ini berperan penting dalam menilai kualitas bahan bangunan berdasarkan kriteria *green material* (Kim, 2009) (Pratiwi, 2020). Pada tahap pengadaan (seperti ekstraksi, pengolahan, pengemasan, dan pengiriman), penilaian dilakukan berdasarkan kemampuan material dalam mengurangi limbah, mencegah polusi, menggunakan bahan daur ulang, menghemat energi, serta memanfaatkan material lokal. Sementara itu, pada tahap operasional dan pelaksanaan (yang mencakup konstruksi, instalasi, operasional, dan pemeliharaan), evaluasi didasarkan pada efisiensi energi, pengelolaan air, keamanan bahan (bebas zat berbahaya), penggunaan energi terbarukan, serta daya tahan material dalam jangka panjang. Selanjutnya, pada tahap pasca-konstruksi, yaitu pengelolaan limbah, aspek *green material* yang dinilai meliputi kemampuan material untuk terurai secara alami (*biodegradable*), dapat didaur ulang (*recyclable*), digunakan kembali (*reusable*), dan karakteristik ramah lingkungan lainnya (Ramadhan et al., 2021)(Makalew et al., 2022).

Pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) yang mengusung konsep pembangunan berkelanjutan dan berbasis teknologi, dengan menekankan pada tiga pilar utama yaitu *Forest City*, *Smart City*, dan *Sponge City* (Krisnadi, 2025). Konsep ini sangat erat kaitannya dengan penggunaan *green material* karena keduanya berorientasi pada prinsip keberlanjutan lingkungan dan efisiensi

sumber daya. Karena itu, dilakukan analisis material (teknis, lingkungan dan ekonomi) yang digunakan pada pembangunan bangunan di IKN untuk memastikan kinerja material apakah sudah sesuai atau tidak dengan tujuan dari pembangunan IKN (Soehartono et al., 2024). Tabel 1 di bawah ini menunjukkan penggunaan material di salah satu bangunan di IKN.

Tabel 1. Penggunaan Material

Jenis Material	Aspek Teknis (Daya Tahan, Kekuatan, Isolasi Termal)	Aspek Lingkungan (Jejak Karbon, Emisi, Siklus Hidup)
Bekisting Multipleks	Ringan mudah dipasang, Kekuatan dan stabilitas, Permukaan yang halus Fleksibilitas Desain Tahan lama dengan tambahan penggunaan pelapis	Penggunaan berulang Kemudahan penanganan dan karena ringan sehingga mudah diangkat Jejak karbon lebih rendah jika proses produksinya efisien dan perekat yang digunakan ramah lingkungan
Kaca Insulasi	Fleksibilitas desain yang tinggi Diaplikasikan dengan lapisan yang dapat meningkatkan udara dalam ruangan (mis: lapisan low emissivity yang meminimalkan transfer panas) Stabil dan tahan terhadap cuaca, tidak memudar atau berubah bentuk dalam jangka panjang	Dapat didaur ulang Mereduksi emisi karbon dan energi yang digunakan selama proses pembuatan Setelah masa pakai, bahan ini dapat didaur ulang kembali
Kusen Aluminium Powder Coating	Tahan terhadap korosi Estetika yang menarik Kekuatan dan ketahanan fisik dari lapisan powder coating	Powder coating menghasilkan sedikit limbah dan tidak mengandung pelarut organik bahaya Tidak memerlukan pemeliharaan intensif
Pintu Baja Single Steel Door	Bahan kuat, tahan terhadap deformasi, atau kerusakan fisik (goresan/benturan) Tahan terhadap api dan panas Tahan terhadap cuaca dan korosi Estetika yang fleksibel	Pemeliharaan mudah dan tidak memerlukan perawatan khusus
Pintu Kaca Frameless Tempered	Estetika modern dan minimalis Keamanan yang tinggi jika pecah Kuat dan tahan terhadap benturan fisik, tekanan, dan perubahan suhu Sifat akustik yang baik, dengan meredam suara	Perawatan yang mudah Meningkatkan efisiensi energi dengan memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam ruangan, mengurangi ketergantungan pada pencahayaan buatan.
Plafon Gypsum	Estetika yang baik, halus dan rapi Fleksibilitas Desain Pilihan finishing yang beragam Sifat akustik yang baik dan isolasi termal yang baik, menjaga suhu ruangan tetap baik Ringan dan mudah dipasang Daya tahan yang baik	Ramah lingkungan dapat didaur ulang dan memiliki jejak karbon yang rendah dalam produksinya
Plafon Aluminium Linier Ceiling Wood Texture	Tampilan estetika yang baik Ketahanan terhadap korosi, kelembapan dan perubahan suhu Material ringan, tidak mudah terbakar Desain fleksibel Instalasi cepat	Perawatan yang mudah Bahan aluminium dapat didaur ulang
Plafon Gypsum Concrete Cement Expose	Keberagaman estetika Isolasi suara dari material gypsum Ketahanan dari material beton Fleksibilitas desain	Dapat didaur ulang; Gypsum bisa didaur ulang menjadi produk baru. Ramah terhadap kualitas udara dalam ruangan: Umumnya tidak

Jenis Material	Aspek Teknis (Daya Tahan, Kekuatan, Isolasi Termal)	Aspek Lingkungan (Jejak Karbon, Emisi, Siklus Hidup)
Lantai <i>Floor Hardener</i>	Ketahanan terhadap abrasi Minimalisasi Perbaikan Daya tahan yang tinggi Stabilisasi (mencegah keretakan dan kerusakan) Tahan terhadap bahan kimia Isolasi Termal Perbaikan Estetika	mengeluarkan emisi berbahaya (jika tidak dicampur bahan kimia berlebih). Ringan dan hemat energi dalam pengangkutan.
Lantai <i>Epoxy</i>	Tahan lama dan kuat Tahan terhadap bahan kimia Estetika yang menarik Biaya Efektif dalam jangka Panjang Cepat dan mudah di pasang	Mengurangi jumlah debu yang dihasilkan dari abrasi lantai, menciptakan lingkungan yang lebih bersih dan sehat. Membuat lantai lebih tahan terhadap abrasi, sehingga mengurangi kebutuhan penggantian lantai lebih sering, yang berdampak positif pada pengurangan limbah konstruksi.
Lantai <i>Wood Panel</i>	Estetika dan keindahan alami Tahan lama Kemudahan perawatan Instalasi mudah Kenyamanan dan kehangatan Isolasi suara	Daya tahan yang kuat, sehingga tidak perlu sering diganti, sehingga mengurangi limbah. Banyak pilihan epoxy yang mengandung kadar Senyawa Organik Volatil (VOC) rendah, sehingga mengurangi dampak pencemaran udara. Pilihan epoxy yang ramah lingkungan juga dapat dibuat dari bahan-bahan alami dan tidak mengandung bahan kimia berbahaya.
Lantai Parket	Estetika yang elegan Tahan lama Perawatan yang mudah Nyaman dan hangat Peredam suara Fleksibilitas desain	Lantai wood panel ramah lingkungan karena menggunakan bahan-bahan daur ulang, seperti serat kayu dan plastik. Proses pembuatannya tidak memerlukan banyak bahan kimia berbahaya dan Pengurangan penebangan pohon
Lantai <i>Homogeneous Tile</i>	Konsisten warna dan tekstur Tahan lama Tahan air dan noda Perawatan mudah	Kayu yang digunakan untuk lantai parket dapat didaur ulang setelah masa pakainya berakhir Proses produksi dan penggunaan kayu memiliki jejak karbon yang relatif rendah dibandingkan dengan bahan lainnya.
Lantai <i>Vinyl</i>	Daya tahan yang tinggi Tahan air dan kelembaban Perawatan yang mudah Keamanan Harga yang terjangkau	Homogenous tile tidak melepaskan bahan kimia atau gas berbahaya ke udara, sehingga aman bagi kesehatan dan lingkungan.

Jenis Material	Aspek Teknis (Daya Tahan, Kekuatan, Isolasi Termal)	Aspek Lingkungan (Jejak Karbon, Emisi, Siklus Hidup)
Lantai Stone Plastic Composite	Daya tahan yang tinggi Stabilitas dimensi Fleksibilitas desain Kemudahan instalasi Kenyamanan dan isolasi udara	Terbuat dari bahan-bahan seperti serbuk batu kapur dan PVC yang tidak mengandung bahan kimia berbahaya seperti formaldehida, dan dapat didaur ulang

Material konvensional dalam konstruksi adalah bahan-bahan yang telah lama digunakan dalam pembangunan dan sudah terbukti efisiensinya selama bertahuntahun. Material konvensional meliputi kayu, bata merah, beton, dan batu. Material ini umumnya mudah diakses dan tersedia di pasaran, serta telah Diuji dalam berbagai aplikasi konstruksi. Tabel 2 berikut ini menunjukan kinerja penggunaan material konvensional dalam pelaksanaan konstruksi.

Tabel 2. Kinerja Penggunaan Material Konvensional

Jenis Material	Aspek Teknis
Kaca Float	Permukaan yang halus Transpartasi Tinggi Kemudahan Pengerjaannya Kualitas Optik Superior Stabilitas Dimensi
Bekisting Alumunium	Ringan Kuat dan tahan lama Presisi tinggi Pemasangan dan pembongkaran cepat Dapat digunakan berulang
Pintu Flush	Konstruksi Tahan Lama Fleksibilitas desain mudah Ringan Kedap Suara Tahan terhadap rayap
Kusen Baja	Tahan terhadap kelembapan dan korosi Stabilitas dimensi Kekuatan dan ketahanan
Plafond Tripleks	Mudah dipasang Ekonomis Ringan dan fleksibel Meredam suara
Dinding Batako	Lebih ringan Insulasi Termal yang baik Mudah didapat Kedap suara
Lantai Terazo	Daya tahan tinggi Mudah dirawat Tahan terhadap noda dan air
Plafon Kayu	Estetika alami dan hangat Isolasi termal yang baik Isolasi suara Fleksibilitas Desain Perbaikan yang mudah

Setelah dilakukan perbandingan kinerja antara *green material* dan material konvensional maka dilakukan perhitungan rencana Anggaran biaya untuk *green material* dan material pengganti yang diambil dari material Konvensional sehingga dapat dilakukan perbandingan dari segi biayanya.

Tabel 3 berikut adalah Perbandingan Rencana Anggaran Biaya untuk *green material* dengan Konvensional.

Tabel 3. Perbandingan RAB Green Material dengan Konvensional

No	GB	Material	Sat	Vol	Jumlah Harga (Rp)	
		Konvensional			GB	Konvensional
1	Bekisting multiplek	Bekisting Aluminium	M ²	710,92	167.408.863,44	472.050.880,00
2	Kaca Glass Tempered	Kaca Float	M ²	695,29	1.759.260.303,66	129.671.585,00
3	Kusen aluminium powder coating	Kusen Baja	Unit	14	109.845.316,00	3.481.800,00
4	Pintu baja single steel door	Pintu Flush	Unit	28	571.697.896,00	27.955.200,00
5	Pintu kaca Frameless Tempered	Pintu toilet aluminium	Unit	8	269.508.624,00	54.800.000,00
6	Plafon Gypsum	Plafon tripleks	M ²	3.184,62	693.279.035,52	218.783.394,00
7	Plafon aluminium Linier ceiling wood texture	Plafon Asbes	M ²	2.267,06	4.624.115.480,82	38.540.020,00
8	Plafon Gypsum concrete cement expose	Plafon Kayu	M ²	1.472,90	130.304.517,20	1.620.190.000,00
9	Lantai floor hardener	Lantai beton	M ²	511,57	107.351.429,79	119.401.461,14
10	Epoxy	Lantai beton	M ²	560,86	170.976.488,42	130.905.845,72
11	Lantai wood panel	Lantai Terazzo	M ²	840,62	802.285.206,14	892.709.858,92
12	Lantai Parket	Lantai Terazzo	M ²	135,53	137.812.325,20	143.928.251,98
13	Lantai homogeneus tile	Lantai Terazzo	M ²	386,27	137.125.463,73	410.205.606,82
14	Lantai Vinyl	Lantai beton	M ²	1.315,23	739.026.421,77	306.977.312,46
15	Lantai stone plastic	Lantai beton	M ²	199,39	121.621.718,91	46.538.024,78
Total					10.541.619.090,60	4.616.139.240,82

Berdasarkan kinerja biaya yang didapatkan menurut perhitungan pada Tabel 3, biaya pekerjaan untuk *green material* meningkat 59,26% dari biaya material konvensional. Hal ini mengakibatkan owner atau pelaksana proyek harus menginvestasikan biaya awal yang tinggi untuk penggunaan *green material* pada suatu pekerjaan. Hal ini dapat membuat anggaran awal proyek tampak tidak ekonomis, terutama jika pemilik proyek hanya mempertimbangkan biaya pembangunan, bukan siklus hidup bangunan. Akan tetapi bangunan dengan material hijau cenderung lebih hemat energi dan air, sehingga mengurangi tagihan listrik dan biaya pemeliharaan. *Green material* memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia karena negara ini sedang mengalami pertumbuhan urbanisasi dan konstruksi yang pesat serta memiliki iklim tropis yang panas dan lembap, sehingga efisiensi energi untuk pendinginan menjadi penting. Dengan pendekatan yang tepat dan dukungan kebijakan pemerintah (misalnya insentif pajak, subsidi, atau regulasi teknis), green material sangat potensial diterapkan secara luas, terutama pada bangunan berskala besar, dengan siklus hidup panjang, dan dengan kebutuhan operasional tinggi. Seperti bangunan komersial, bangunan pemerintah dan perkantoran, bangunan pendidikan, bangunan rumah sakit, hunian subsidi kelas menengah sampai pada bangunan mewah dan *real estate*.

4. KESIMPULAN

Konsep pembangunan IKN yang berkelanjutan dan berbasis teknologi menekankan pentingnya keberlanjutan lingkungan dan efisiensi sumber daya, yang implisit mendukung penggunaan material green building. Analisis material (teknis, lingkungan, dan ekonomi) yang digunakan pada pembangunan bangunan di IKN menunjukkan bahwa beberapa *green material* seperti Bekisting Multipleks, Kaca Insulasi, dan Kusen Aluminium Powder Coating memiliki keunggulan dalam aspek teknis dan lingkungan. *Green material* menawarkan keunggulan dalam

aspek lingkungan dan potensi penghematan biaya jangka panjang, serta fleksibilitas dan estetika dalam aspek teknis. Namun, mungkin memiliki biaya awal yang lebih tinggi dibandingkan dengan material konvensional. Pemilihan material harus disesuaikan dengan tujuan proyek, anggaran, dan prioritas lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, F. (2024). Analisis Kinerja Bangunan Hijau dalam Konteks Kebutuhan Energi. *Tugas Mahasiswa Program Studi Arsitek*, 1–11. <https://coursework.uma.ac.id/index.php/arsitek/article/view/635%0Ahttps://coursework.uma.ac.id/index.php/arsitek/article/download/635/482>
- Ayuningtyas, P. A. (2021). Penggunaan Material Ramah Lingkungan Berstandar Greenship pada Bangunan Community Center Universitas Indonesia. *AGORA: Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Arsitektur Usakti*, 18(2), 85–91. <https://doi.org/10.25105/agora.v18i02.7541>
- Hapsari, O. E. (2018). ANALISIS PENERAPAN GREEN BUILDING PADA BANGUNAN PENDIDIKAN (STUDI KASUS : GREEN SCHOOL BALI). *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(2). <https://doi.org/10.29080/alar.v3i2.334>
- Kementerian PUPR. (2023). Peta Jalan Penyelenggaraan & Pembinaan Bangunan Gedung Hijau (BGH). In *Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat* (Vol. 1, Issue 1). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kim, J. (2009). *The Sustainable Built Environment: Vol. I*. University of Michigan.
- Krisnadi, Y. (2025). Penilaian Bangunan Gedung Hijau Tahap Perencanaan Teknis Studi Kasus Gedung Kantor Otoritas IKN (OIKN) di Ibu Kota Nusantara - Kalimantan Timur. In *Universitas Kristen Indonesia*. Universitas Kristen Indonesia.
- Makalew, F. P., Rumbayan, R., & Senduk, N. (2022). Identification Characteristic of Energy Efficient Timber House. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 215. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7924-7_96
- Peginusa, S. S. (2025). Analisis dan Strategi Mitigasi Risiko Dalam Implementasi Proyek Konstruksi Hijau. *Jurnal Konstruksi & Infrastruktur*, 13(1), 29–36.
- Peginusa, S. S., Kandiyoh, G., Sari, D. P., Soukotta, D., & Moningka, O. (2024). Identifikasi Risiko Dalam Tahap Pelaksanaan Proyek Green Construction. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 8(3), 282–291.
- Pratiwi, S. N. (2020). ANALISIS ENERGI PADA BERBAGAI MATERIAL DINDING (BATA, BATAKO DAN BATA RINGAN). *Jurnal Arsitektur ARCADE*, 4(3). <https://doi.org/10.31848/arcade.v4i3.543>
- Ramadhan, B. M., Pribadi, I. G. O. S., & Rosnarti, D. (2021). Penggunaan Material Ramah Lingkungan Pada Bangunan Terminal Bandar Udara Dewadaru. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 3(1), 322–329. <https://doi.org/10.25105/psia.v3i1.13061>
- Ratnaningsih, A., Hasanuddin, A., & Hermansa, R. (2019). Penilaian Kriteria Green Building Pada Pembangunan Gedung IsDB Project Berdasarkan Skala Indeks Menggunakan Greenship Versi 1.2 (Studi Kasus: Gedung Engineering Biotechnology Universitas Jember). *BERKALA SAINSTEK*, 7(2). <https://doi.org/10.19184/bst.v7i2.12153>
- Simanjuntak, R. B. N., Mutia, E., Prabowo, A., & Ervianto, W. I. (2024). *Pemberdayaan Energi dan Material Ramah Lingkungan dengan Menggunakan Teknologi Tepat Guna dalam Mewujudkan Green Construction*. 1, 21–28.
- Soehartono, C., Paulina Makalew, F., Puspita Sari, D., Marcelino Wala, M., Everhart Tenda, J., Notje Slat, E., Studi Sarjana Terapan Konstruksi Bangunan Gedung, P., Teknik Sipil, J., Negeri

Manado, P., & Manado, K. (2024). Evaluasi Penerapan Konsep Green Construction pada Proyek Pembangunan Bangunan Gedung Kantor Kementerian Koordinator 1 IKN Nusantara. *Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi (PTUV) Ke-4 Politeknik Negeri Manado, 2021*, 110–116.

Syahriyah, D. R. (2017). Penerapan Aspek Green Material Pada Kriteria Bangunan Rumah Lingkungan Di Indonesia. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 6(2), 100–105. <https://doi.org/10.32315/jlbi.6.2.95>
