

OPTIMALISASI MATERIAL LOKAL SEBAGAI STRATEGI PENGURANGAN EMISI KARBON: STUDI KASUS CO-HOUSING SAMADYA

Alifudin Aqilla Rahman

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
D300210158@student.ums.ac.id

Suharyani

Program Studi Arsitektur
Universitas Muhammadiyah Surakarta
suh892@ums.ac.id

ABSTRAK

Emisi karbon merupakan senyawa yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dan efek gas rumah kaca yang terperangkap di atmosfer. Emisi karbon berpotensi dalam peningkatan pemanasan global dan perubahan iklim yang dapat memperburuk kualitas lingkungan. Terlebih lagi industri konstruksi, termasuk sektor pembangunan, ditengarai menyumbang 40% dari total emisi CO₂. Dalam konteks upaya mengurangi emisi karbon, penggunaan material lokal dalam arsitektur modern dapat menjadi solusi yang signifikan, karena material ini membutuhkan lebih sedikit energi untuk diproduksi dan diangkut. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor penyebab tingginya emisi karbon dalam pembangunan rumah tinggal di Co-housing Samadya dan mengeksplorasi penggunaan material lokal untuk mengurangi emisi karbon. Penelitian ini menggunakan analisis mendalam terhadap perhitungan emisi karbon dari material, termasuk proses distribusinya. Selain itu, observasi terhadap material lokal juga dilakukan untuk mengetahui jenis material yang dapat dimanfaatkan potensinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa material pada eksisting memiliki kontribusi yang signifikan terhadap emisi karbon, sedangkan penggunaan material lokal seperti bambu, kayu glugu, kayu sengon, dan batu kali dapat mengurangi emisi karbon karena proses pengadaannya yang lebih rendah emisi serta distribusi material yang lebih efisien. Dengan demikian, optimalisasi penggunaan material lokal dapat menjadi solusi efektif untuk mengurangi emisi karbon di sektor konstruksi, khususnya dalam pembangunan rumah tinggal.

KEYWORDS:

Emisi Karbon; Konstruksi; Material Lokal; Distribusi; Optimalisasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan pada rumah tinggal berbagai dengan proses konstruksinya menimbulkan emisi karbon serta meninggalkan jejak karbon yang relatif besar dan berpotensi pada kerusakan lingkungan. Emisi karbon merupakan suatu senyawa atau gas buang yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dan efek gas rumah kaca yang terperangkap di atmosfer menyebabkan semakin banyak panas yang terperangkap di atmosfer dan berpotensi dalam peningkatan pemanasan global.

Pemanasan global dan perubahan iklim menjadi tantangan besar yang harus dihadapi dalam menjaga kualitas lingkungan, terutama dengan meningkatnya emisi karbon yang

berkontribusi terhadap fenomena tersebut. Industri konstruksi, termasuk sektor pembangunan perumahan, ditengarai menyumbang 40% dari total emisi CO₂ (Wuryanti, 2012). Penggunaan material fabrikasi memiliki jejak karbon tinggi karena setiap proses pembuatan bahan bangunan dan penyediaan bahan bangunan tersebut dapat menghasilkan gas karbondioksida (CO₂) yang diemisikan ke udara.

Dalam konteks perubahan iklim dan kebutuhan untuk mengurangi emisi karbon global, penggunaan material lokal dapat menjadi salah satu solusi yang signifikan, karena material ini umumnya memerlukan energi lebih sedikit untuk diproduksi dan diangkut (Fauzi, 2019). Pemilihan Material lokal, seperti batu alam, tanah liat, kayu, dan

bambu, memiliki keunggulan dibandingkan dengan material industri yang biasanya memiliki jejak karbon tinggi karena proses produksi dan transportasinya yang intensif. Dengan mengadopsi material yang tersedia di sekitar lokasi pembangunan, dapat dicapai pengurangan signifikan dalam konsumsi energi, transportasi, dan limbah, sehingga mendukung strategi pengurangan emisi karbon secara keseluruhan.

Selain pada pemilihan material lokal dengan emisi rendah pengolahan material juga menjadi aspek penting dalam sebuah proses pembangunan. Penelitian ini menyoroti bagaimana material lokal dapat dioptimalkan melalui pendekatan desain inovatif.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor utama yang menyebabkan tingginya emisi karbon dalam pembangunan rumah tinggal?
2. Bagaimana potensi penggunaan material lokal dapat mengurangi emisi karbon dalam pembangunan rumah tinggal?
3. Bagaimana pendekatan desain inovatif dapat mengoptimalkan penggunaan material lokal dalam mendukung pengurangan emisi karbon secara signifikan?
4. Pertimbangan apa saja yang diperhatikan dalam optimalisasi material lokal?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor utama penyebab tingginya emisi karbon dalam pembangunan rumah tinggal dan mengeksplorasi potensi penggunaan material lokal sebagai solusi untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari emisi karbon.

TINJAUAN PUSTAKA

Emisi Karbon (CO₂)

Emisi karbon merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran senyawa yang mengandung karbon seperti CO₂, solar, *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), dan bahan bakar lainnya. Secara sederhana emisi karbon merupakan fenomena terlepasnya karbon ke atmosfer. Dalam kasus ini emisi karbon

berkontribusi dalam perubahan iklim yang didukung dengan adanya emisi gas rumah kaca. Emisi gas yang berlebihan dapat memicu pemanasan global, yang berdampak pada peningkatan suhu bumi secara signifikan (Kristina, 2021).

Emisi karbon dalam konstruksi bangunan merupakan isu utama dalam mempertimbangkan keberlanjutan pada suatu bangunan. Sektor konstruksi merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi karbon global, terutama karena penggunaan material intensif energi. Studi oleh Giesekam et al. (2016) menekankan bahwa peralihan ke material dengan jejak karbon rendah, seperti material alami dan daur ulang, adalah langkah penting dalam menekan emisi di sektor ini.

Material Lokal

Material Lokal dalam hal ini diartikan sebagai material yang dapat diperoleh dari area sekitar proyek konstruksi dan dapat digunakan sebagai bahan bangunan, sehingga meminimalisir kebutuhan transportasi dan mengurangi emisi karbon. Penelitian oleh Hidayat dan Santosa (2018) menyebutkan bahwa material lokal seperti bambu, kayu, batu alam, dan tanah liat memiliki keunggulan keberlanjutan karena sifatnya yang mudah diperoleh, tidak memerlukan proses industri berat, serta dapat menghemat biaya dan energi dalam konstruksi. Penggunaan material lokal juga berkontribusi pada pelestarian kearifan lokal dan keberlanjutan ekonomi masyarakat sekitar.

Dengan memanfaatkan keberadaan material lokal yang melimpah, konstruksi bangunan diharapkan dapat mengurangi jejak karbon dan berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan. Bambu, misalnya, merupakan material yang memiliki pertumbuhan yang cepat, dan memiliki daya tahan struktural yang cukup baik, menjadikannya pilihan ideal sebagai bahan konstruksi. Di sisi lain, kayu glugu (kelapa) adalah sumber daya yang masih banyak tersedia dan sering kali terabaikan sebagai material bangunan, padahal kayu ini cukup kuat serta memiliki estetika alami yang sesuai dengan lingkungan tropis.

Material Bambu

Dalam konstruksi, bambu sering disebut sebagai salah satu material ramah lingkungan

dengan jejak karbon yang rendah (Sharma et al., 2015). Selain mudah tumbuh dan cepat panen, bambu memiliki daya tahan dan kekuatan struktural yang cukup baik, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif penggunaan material konvensional yang cenderung memiliki kadar emisi karbon yang tinggi.

Bambu banyak digunakan untuk berbagai bentuk konstruksi bangunan, terutama pada rumah-rumah tinggal di pedesaan. Bambu merupakan sumber daya yang terbarukan dan serbaguna, bambu juga mudah untuk diolah hanya dengan menggunakan alat yang sederhana. Dengan begitu, konstruksi bambu mudah untuk dibangun, sifat yang ringan dan elastis membuat konstruksi bambu tahan terhadap gaya gempa dan mudah diperbaiki jika terjadi kerusakan.

Bambu merupakan material yang fleksibel untuk diolah sebagai elemen-elemen konstruksi, menurut Artiningsih (2012) bambu dapat diaplikasikan pada bangunan sebagai:

1. Bambu sebagai Pondasi

Secara umum, instalasi bambu sebagai pondasi adalah menjaga bambu agar tidak kontak langsung dengan tanah, karena bambu yang tidak diobati dapat membusuk sangat cepat jika kontak dengan tanah.

2. Bambu sebagai Lantai

Lantai bangunan bambu dapat diletakkan di permukaan tanah, yang terdiri hanya dari tanah yang dipadatkan, dengan atau tanpa tambahan perkuatan dari anyaman bambu. Namun, solusi yang dipilih adalah menaikkan lantai di atas tanah untuk konstruksi panggung

3. Bambu sebagai Dinding

Bambu sering digunakan dalam konstruksi sebagai dinding dan partisi, dengan bagian utama berperan sebagai elemen kerangka struktural. Oleh karena itu, bambu harus mampu menahan beban bangunan, termasuk beban sendiri, beban fungsional, serta mampu bertahan terhadap cuaca dan gempa bumi.

4. Bambu sebagai Atap

Atap bangunan dirancang untuk melindungi dari cuaca ekstrem seperti hujan, panas matahari, dan angin, sekaligus menyediakan ruang fungsional di bawah

kanopinya. Dalam konteks ini, bambu menjadi pilihan ideal sebagai material atap karena kekuatannya, daya tahannya, dan bobotnya yang ringan.

Kayu Kelapa (glugu)

Kayu Glugu atau dikenal juga dengan kayu kelapa merupakan bahan yang diperoleh dari pohon kelapa baik yang tumbuh secara liar maupun dibudidayakan. Kayu glugu merupakan kayu kelas II (kuat) dan III (awet) yang didapat dari pohon yang sudah tidak produktif atau tidak lagi menghasilkan buah. Terdapat 2 cara pengolahan pohon kelapa menjadi kayu glugu yaitu, pengolahan secara alami serta pengolahan melalui proses pemadatan atau densifikasi (Indrosaptono, 2018).

Kayu glugu dapat berpotensi besar dalam mendukung keberlanjutan lingkungan dalam sektor konstruksi karena ketersediaannya. Menurut Indrosaptono (2018) kayu glugu dapat diaplikasikan pada bangunan sebagai:

1. Rangka Atap

Kayu glugu dapat digunakan sebagai rangka atap karena memiliki tingkat keawetan yang baik, terutama jika diaplikasikan pada konstruksi yang terlindung. Kayu glugu hanya perlu dikeringkan tanpa perlakuan khusus atau finishing tambahan. Cara pemasangan dan konstruksi sambungannya sama seperti rangka atap kayu pada umumnya.

2. Kusen, Daun pintu, dan Jendela

Kayu glugu juga dapat digunakan untuk kusen dan daun pintu atau jendela. Sifatnya yang labil dapat diatasi dengan finishing akhir yang baik.

3. Lantai

Pemanfaatan kayu glugu sebagai bahan bangunan lantai masih kurang dikenal, padahal memiliki nilai jual yang sangat tinggi dan telah menjadi komoditi ekspor. Kayu glugu yang diolah untuk bahan lantai seperti flooring, decking, atau parquet difinishing dengan 2 atau 3 lapisan top coat untuk meningkatkan ketahanan terhadap goresan.

4. Penutup Dinding

Motif kayu glugu yang menarik dapat menambah nilai estetika ruangan jika digunakan sebagai penutup dinding atau

wall carpet. Namun, seperti pada penggunaannya untuk lantai, pemanfaatan kayu glugu sebagai wall carpet masih belum familiar.

5. Tiang atau Pilar

Kayu glugu gelondongan sering digunakan sebagai tiang atau pilar untuk bangunan dan gazebo, dan dalam perkembangannya, kayu ini juga kerap dihias dengan ukiran.

Kayu Sengon

Tanaman Sengon memiliki pertumbuhan cepat, memiliki adaptasi yang baik di berbagai jenis tanah, dan kualitas kayu yang sesuai dan dapat digunakan untuk industri panel dan kayu untuk pertukangan (Ferry, 2018).

Kayu Sengon kerap digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai keperluan, diantaranya furnitur, instrumen desain interior, bahan kayu plywood, pelapis dinding, plafon, dudukan cor, dan bahan baku kertas (Krisnawati, 2011)

Termasuk kayu kelas III (kuat) dan IV (awet), kayu sengon memiliki struktur yang relatif lemah sehingga lebih cocok dimanfaatkan untuk fungsi estetika atau pelapis bangunan.

Batu Kali

Batu kali sudah masyarakat digunakan masyarakat sebagai struktural bangunan khususnya sebagai pondasi.

Dinding batu kali tidak hanya berfungsi sebagai elemen struktural, tetapi juga sebagai elemen estetis yang memperkaya pengalaman ruang. Tekstur dinding batu kali memberikan nuansa alami dan kehangatan pada interior, menciptakan suasana yang nyaman dan harmonis bagi penghuninya (Wijayaputri, 2017).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif deskriptif. Metode kuantitatif deskriptif adalah metode penelitian yang menganalisis dari hasil data yang telah dikumpulkan. Penelitian ini berfokus pada pengumpulan dan analisis data kuantitatif untuk memberikan gambaran rinci tentang objek penelitian. Menurut Sugiyono

(2019), Deskriptif kuantitatif, yaitu konsisten dengan variabel penelitian, fokus dengan permasalahan aktual dan fenomena yang sedang terjadi, serta menyajikan hasil penelitian dalam angka-angka bermakna.

Penerapan pada metode ini dilakukan dengan cara menghubungkan data literatur berdasarkan kasus emisi karbon yang ditimbulkan dari material pada bangunan dan data temuan hasil observasi lapangan. Penelitian ini menggunakan 2 tipe data yaitu data primer dan data sekunder, data primer dilakukan dengan metode observasi secara langsung dengan pengamatan terhadap sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan di disekitar lokasi penelitian, sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi literatur untuk mendapatkan data yang tidak dapat diperoleh melalui metode observasi.

Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi

Observasi dilakukan untuk mendapatkan data yang riil pada saat penelitian dilakukan, sehingga data yang dihasilkan dapat menjadi acuan yang lebih konkret. Proses observasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan terhadap sumber daya alam atau material lokal beserta dengan pabrik atau tempat pengolahan material itu sendiri. Area dari pengamatan dibatasi dengan radius 1 (satu) kilometer dari lokasi objek penelitian untuk memberikan penekanan pada konsep material lokal pada penelitian ini. Dari observasi secara langsung ini peneliti mengamati populasi dari sumber daya alam yang ada untuk dapat dimanfaatkan sebagai material bangunan dan mengamati tempat pengolahan dari material tersebut untuk mengetahui ketersediaan tempat pengolahan material.

Hasil observasi dapat memperkuat penelitian ini dengan mengetahui potensi yang dapat dimanfaatkan dari sumber daya alam dan populasinya untuk mencukupi dalam pembangunan.

2. Dokumentasi

Merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan memanfaatkan dokumen, arsip, atau bahan lain yang sudah

tersedia sebelumnya. Dokumentasi dilakukan untuk mengetahui dimensi atau volume pada material yang digunakan pada objek penelitian berdasarkan dokumen 3D bangunan. Penggunaan dokumen 3D juga melalui perizinan dari pemilik dokumen.

3. Studi Literatur

Merupakan proses pengumpulan data yang berkaitan dengan penelitian melalui media *offline* maupun *online*. Studi Literatur dilakukan untuk mengetahui informasi tentang faktor emisi karbon pada setiap material yang digunakan pada objek penelitian dan mendalami, mendukung serta memperkuat teori yang digunakan dalam penelitian secara konkret seperti perhitungan emisi karbon khususnya faktor emisi, proses klasifikasinya, dan pengolahan terhadap material lokal yang sudah pernah diaplikasikan sebelumnya.

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menghubungkan data literatur dengan data hasil observasi dan dokumentasi. Data hasil perhitungan penggunaan material dari objek penelitian dianalisis dengan data faktor emisi karbon yang bersumber dari literatur untuk mendapatkan besaran emisi karbon tiap materialnya. Perhitungan besaran emisi karbon dilakukan dengan menggunakan rumus yang dapat menyatukan beberapa variabel. Rumus ini mengintegrasikan faktor-faktor seperti volume material dan faktor emisi untuk menghasilkan estimasi emisi karbon yang lebih akurat. Hasil perhitungan ini akan memberikan gambaran tentang kontribusi setiap material terhadap total emisi karbon dalam pembangunan, sehingga memungkinkan evaluasi dampak lingkungan yang lebih baik.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Co-Housing Samadya

Co-Housing merupakan konsep hunian berbasis komunitas yang menggabungkan unit hunian pribadi dengan fasilitas bersama untuk mendorong interaksi sosial. Co-housing Samadya berlokasi di ds. Tanjung, Wukirsari, Cangkringan, Sleman, Yogyakarta. Co-Housing

ini menampung 13 kepala keluarga dengan luas lahan sekitar 7.000 m². Kondisi sekitar co-housing masih cukup produktif dalam konteks sumber daya alam sehingga meningkatkan potensi untuk pemanfaatan material lokal yang menjadi topik penelitian ini.



Gambar 1. Kondisi sekitar Co-Housing Samadya
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

Objek dari penelitian ini menggunakan sampel berupa salah satu rumah yang berada di co-housing Samadya untuk mengetahui kadar emisi karbon yang ditimbulkan. Rumah yang digunakan sebagai sampel merupakan rumah tinggal yang tergolong memiliki desain yang modern, alasan dari pemilihan rumah tersebut sebagai sampel adalah karena mayoritas rumah tersebut masih menggunakan material konvensional pada pembangunannya sehingga berpotensi memiliki kadar emisi karbon yang cukup besar. Selain itu, lokasi rumah yang strategis dan kondisi bangunan yang representatif menjadikannya pilihan ideal untuk mendukung analisis penelitian ini.



Gambar 2. Rumah tinggal sebagai Objek Penelitian
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

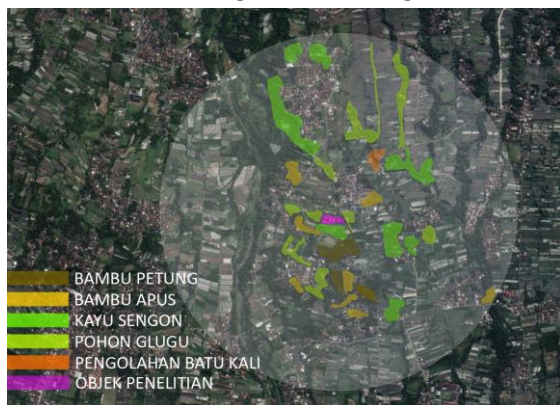
Rumah tinggal tersebut merupakan bangunan 2 lantai dengan luas bangunan 55 m²

yang terletak di dekat pintu masuk Co-housing Samadya.

Analisis Ketersediaan Material Lokal di Sekitar Lokasi Penelitian

Ketersediaan material lokal yang berada di sekitar lokasi penelitian sangat memadai untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, karena sumber daya alam yang ada dapat dikategorikan produktif dan masih terjaga kelestariannya. Pemanfaatan material lokal ini tidak hanya mengurangi jarak transportasi dan emisi karbon, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan dalam pembangunan. Selain itu, penggunaan material lokal memberikan karakter unik pada bangunan, mencerminkan identitas budaya dan kearifan lokal dari daerah tersebut. Hal ini sejalan dengan upaya menjaga keseimbangan ekosistem dan secara tidak langsung mendukung perekonomian masyarakat setempat melalui pemberdayaan sumber daya alam.

Observasi dilakukan melalui pendekatan *mapping* pada daerah observasi dalam radius 1 kilometer dari objek penelitian. Tujuan diperlukannya *mapping* terhadap ketersediaan material lokal adalah sebagai tolak ukur dari populasi material lokal dapat mencukupi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan.



Gambar 3. Mapping Ketersediaan Material Lokal

(Sumber: www.earth.google.com, 2024)

Dari mapping tersebut dapat diketahui bahwa ketersediaan material lokal di sekitar objek penelitian cukup melimpah dan beragam. Ditemukan beberapa material lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan diantaranya; Bambu petung, Bambu apus, Kayu sengon, Kayu glugu, dan Batu kali. Dari beragamnya material yang dapat ditemukan di sekitar lokasi penelitian

menjadikan potensi dari pemanfaatan material lokal sebagai bahan bangunan lebih besar.

Analisis Perhitungan Emisi Karbon

Tahapan awal dalam perhitungan emisi karbon dilakukan dengan menghitung volume material dalam satuan kilogram yang digunakan pada objek penelitian berdasarkan dokumen 3D (tiga dimensi) yang sudah didapat. Untuk dapat dikalkulasikan dengan faktor emisi tiap materialnya, volume material perlu di konversikan dalam satuan kilogram menggunakan variabel berat jenis yang didapat dari data literatur.

Tabel 1. Perhitungan Volume Material

Material	Volume (m ³)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Berat (Kg)
Batu Belah	14,85	1.500	22.275
Portland Cement	-	-	7473,58
Pasir	20,332	1.400	28.450
Kayu kelas III	2,3118	450	1.040,3
Bata merah	10,403	1.800	18.725
Genteng	-	-	3206,2
Keramik	4,91	2.000	9.820
GRC	0,302	1.780	537,56
Kaca	0,021	2.480	52,08
Besi	-	-	2710
Baja Ringan	-	-	1033,67
Gypsum	0,9121	650	592,865

Berdasarkan tabel diatas setiap material memiliki berat yang beragam, perbedaan berat ini dipengaruhi oleh jenis material, densitas, dan volume yang digunakan dalam konstruksi.

Setiap material yang digunakan memiliki faktor emisi karbon yang berbeda, Berdasarkan data dari The Inventory of Carbon and Energy (ICE), 2014, diketahui faktor emisi material sebagai berikut :

Tabel 2. Faktor Emisi Tiap Material

Material	Faktor Emisi (KgCO ²)
Batu Belah	0,0048
Portland Cement	0,74
Pasir	0,0048
Kayu kelas III	0,45
Bata merah	0,74
Genteng	0,20
Keramik	0,66
GRC	1,28
Kaca	0,86
Besi	1,31
Baja Ringan	1,45
Gypsum	0,12

Dari kedua data tersebut dapat dikalkulasikan menjadi data nilai emisi karbon yang ditimbulkan dari proses pengadaan material. Proses pengadaan material yang dimaksud adalah proses produksi atau pengolahan material, variabel tersebut dapat didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$E = fEb \times Vb$$

E = Emisi Karbon Pengadaan (KgCO₂/Kg)
 fEb = Faktor emisi tiap material (KgCO₂)
 Vb = Jumlah kebutuhan tiap material (Kg)

Tabel 3. Nilai Emisi Pengadaan Material

Material	Emisi Karbon (KgCO ₂ /Kg)	Persentase (%)
Batu Belah	106,92	0,3%
Portland Cement	5530,4492	16,7%
Pasir	136,56	0,4%
Kayu kelas III	468,1395	1,4%
Bata merah	13856,796	41,9%
Genteng	641,24	1,9%
Keramik	6481,2	19,6%
GRC	688,0768	2,1%
Kaca	44,7888	0,1%
Besi	3550,1	10,7%
Baja Ringan	1498,8215	4,5%
Gypsum	71,1438	0,2%
TOTAL	33074,235	100,00%

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa nilai emisi karbon tidak hanya dipengaruhi oleh bobot material tetapi faktor emisi juga berkontribusi secara signifikan. Dari tabel diatas dapat terlihat perbandingan emisi karbon yang ditimbulkan dari tiap material, Bata merah memiliki pengaruh terbesar dalam menyumbang emisi karbon pada tahap proses pengadaan dengan berkontribusi sebesar 41% kemudian diikuti dengan Keramik (19,6%), Portland Cement (16,7%), dan Besi (10,7%), Namun beberapa material tidak berperan signifikan dalam menyumbang emisi karbon karena baik penggunaannya maupun faktor emisi yang rendah. Emisi karbon pada pembangunan tidak berhenti pada tahap pengadaan material tetapi juga dari distribusi material ke lokasi proyek. Untuk menghitung emisi karbon yang ditimbulkan dari distribusi material ke lokasi proyek digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Emisi Distribusi} = W \times D \times EF$$

W = Berat Material (t)
 D = Jarak Pengangkutan (Km)
 EF = Faktor Emisi Transportasi (KgCO₂/Km)

Untuk mendapatkan variabel faktor emisi transportasi, digunakan data literatur dari Kalkulator DNPI (2014) sebagai berikut:

Tabel 4. Faktor Emisi Bahan Bakar

Bahan Bakar	Faktor Emisi	Satuan
Pembangkit Listrik	0,725	kg/kWh
Sepeda motor<125cc	0,085	kg/km
Sepeda motor>125-500cc	0,103	kg/km
Sepeda motor>500cc	0,137	kg/km
Mobil bensin<1400cc	0,173	kg/km
Mobil bensin>1400-2000cc	0,215	kg/km
Mobil bensin>2000cc	0,299	kg/km
Mobil diesel<1700cc	0,145	kg/km
Mobil diesel>1700-2000cc	0,181	kg/km
Mobil diesel>2000cc	0,245	kg/km

Dari data tersebut diketahui bahwa transportasi memiliki faktor emisi yang bervariasi sesuai beban yang diangkutnya.

Variabel jarak pengangkutan didapatkan dengan mengacu pada pabrik tiap material yang terdekat dengan lokasi proyek menggunakan pendekatan *Google Maps*. Setelah semua variabel sudah didapatkan, dilakukan perhitungan emisi distribusi material dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Emisi Distribusi Material

Material	Faktor Emisi kendaraan (KgCO ₂ /Km)	Jarak dari sumber (Km)	Berat (t)	Emisi distribusi material (KgCO ₂ /t-Km)
Batu Belah	0,181	6,5	22,275	26,206
Portland Cement	0,245	15	7,473	27,465
Pasir	0,245	6,5	28,45	45,306
Kayu kelas III	0,145	1,3	1,040	0,196
Bata merah	0,245	27	18,725	123,868
Genteng	0,245	27	3,206	21,209
Keramik	0,181	32	9,82	56,877
GRC	0,145	26	0,537	2,026
Kaca	0,145	22	0,052	0,166
Besi	0,181	13	2,71	6,376
Baja Ringan	0,145	13	1,033	1,948
Gypsum	0,145	17	0,592	1,461
TOTAL				313,104

Dapat diketahui bahwa proses distribusi material menimbulkan emisi karbon yang cukup besar dengan angka 313,104 KgCO₂/ t-Km, Angka ini menunjukkan bahwa setiap ton material yang didistribusikan sejauh satu kilometer menghasilkan 313,104 kilogram karbon dioksida. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa jarak distribusi material berkontribusi dalam menyumbang emisi karbon secara signifikan terutama material dengan berat yang besar. Proses distribusi yang lebih jauh akan meningkatkan emisi karbon akibat konsumsi energi yang lebih besar selama transportasi.

Rumah dengan Optimalisasi Material Lokal

Untuk membandingkan nilai emisi karbon antara rumah *eksisting* dengan material konvensional dan rumah dengan material lokal, perlu dilakukan pengujian pada rumah berbasis material lokal, sehingga dapat diketahui seberapa besar kontribusi material lokal dalam mengurangi emisi karbon.

Proses desain dilakukan dengan merubah material yang digunakan pada *eksisting* dengan material lokal sehingga volume dan luas bangunan tetap sama untuk menciptakan perbandingan dengan bangunan *eksisting* yang inklusif. Namun, untuk mencapai hasil optimal, material lokal perlu didukung oleh material konvensional seperti semen, kaca, dan besi, karena karakteristik material tersebut tidak dapat diperoleh dari material lokal.



Gambar 4. Desain Rumah Tinggal Dengan Material Lokal (Sumber: Dokumentasi Penulis, 2024)

Pada desain tersebut optimalisasi material lokal dilakukan dengan eksplorasi material berdasarkan data literatur seperti; kayu glugu sebagai kusen dan kolom, kayu sengon sebagai dinding partisi, batu kali sebagai dinding, dan

bambu sebagai atap. Sementara itu material lokal juga memerlukan pengolahan khusus untuk memberikan efisiensi pada saat penggunaan dan sebagai bentuk perawatan terhadap material itu sendiri seperti *finishing* untuk mengatasi kelemahan material tersebut.

Perhitungan Emisi Karbon Rumah dengan Material Lokal

Setelah membuat desain rumah tinggal dengan optimalisasi material lokal kemudian dilakukan perhitungan nilai emisi karbon pada proses pengadaan sama seperti perhitungan sebelumnya. Pada awalnya dilakukan dengan menghitung volume material dalam satuan kilogram sebagai berikut:

Tabel 6. Perhitungan Volume Material Lokal

Material	Volume (m ³)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Berat (Kg)
Bambu	1,602	700	1.121,4
Kayu Sengon	4,101	450	1.845,4
Kayu Glugu	7,096	670	4.754,3
Batu Kali	19,56	1.500	29.340
Portland Cement	-	-	4.211
Pasir	16,39	1.400	22.951
Kaca	0,039	2.480	96,72
Besi	-	-	778,3

Dari tabel di atas dapat diketahui penggunaan material lokal sebesar 92% dari keseluruhan material yang digunakan. Setelah mendapatkan variabel berat tiap material, diperlukan data faktor emisi yang diperoleh dari literatur. Berdasarkan data dari The Inventory of Carbon and Energy (ICE), 2014, faktor emisi material sebagai berikut :

Tabel 7. Faktor Emisi Tiap Material Lokal

Material	Faktor Emisi (KgCO ₂)
Bambu	0,35
Kayu Sengon	0,40
Kayu Glugu	0,50
Batu Kali	0,0048
Portland Cement	0,74
Pasir	0,0048
Kaca	0,86
Besi	1,31

Setelah mendapatkan 2 variabel yang diperlukan, perhitungan dapat dilakukan sama seperti pada perhitungan nilai emisi karbon *eksisting* sebelumnya. Hasil perhitungan emisi karbon pengadaan material sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai Emisi Pengadaan Material Lokal

Material	Emisi Karbon (KgCO ² /Kg)	Persentase (%)
Bambu	392,49	4,92%
Kayu Sengon	738,18	9,25%
Kayu Glugu	2377,16	29,80%
Batu Kali	140,832	1,77%
Portland Cement	3116,14	39,06%
Pasir	110,1648	1,38%
Kaca	83,1792	1,04%
Besi	1019,573	12,78%
TOTAL	7977,719	100,00%

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa portland cement menyumbang emisi karbon terbesar, yaitu 39% kemudian diikuti kayu glugu (29%). Hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan material yang besar berkontribusi dalam menyumbang emisi karbon walau dengan faktor emisi yang kecil. Material batu kali merupakan material dengan emisi yang kecil meskipun jumlah penggunaannya tergolong besar, di samping itu material batu kali juga berperan penting dalam pembangunan yaitu sebagai elemen struktural sekaligus dinding.

Selain nilai emisi karbon pada tahap pengadaan material, distribusi material juga berkontribusi menyumbang emisi karbon. Dengan melakukan perhitungan, emisi karbon pada proses distribusi material diperoleh sebagai berikut:

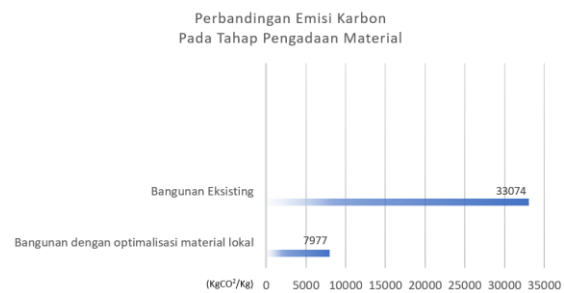
Tabel 9. Emisi Distribusi Material Lokal

Material	Faktor Emisi kendaraan (KgCO ₂ /Km)	Jarak dari sumber (Km)	Berat (t)	Emisi distribusi material (KgCO ₂ /t-Km)
Bambu	0,181	0,6	1,121	0,121
Kayu Sengon	0,145	0,8	1,845	0,214
Kayu Glugu	0,181	0,8	4,754	0,688
Batu Kali	0,181	0,4	29,34	2,124
Portland Cement	0,245	15	4,211	15,475
Pasir	0,245	6,5	22,95	36,549
Kaca	0,145	22	0,096	0,308
Besi	0,181	13	0,778	1,831
TOTAL				57,313

Tabel tersebut menunjukkan bahwa jarak sumber ke lokasi proyek berpengaruh signifikan terhadap emisi distribusi material. Material lokal dengan jarak kurang dari 1

kilometer cenderung memiliki emisi distribusi yang secara signifikan lebih kecil dibandingkan dengan material konvensional. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa lokalitas material berperan penting dalam mengurangi emisi karbon khususnya pada proses distribusi.

Setelah mendapatkan variabel nilai emisi karbon pada proses pengadaan dan distribusi, dapat dilakukan perbandingan antara nilai emisi karbon material *eksisting* dengan material lokal. Perbandingan ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pengurangan emisi karbon dengan optimalisasi material lokal. Berikut perbandingan nilai emisi karbon proses pengadaan material pada bangunan *eksisting* dan bangunan dengan optimalisasi material lokal:

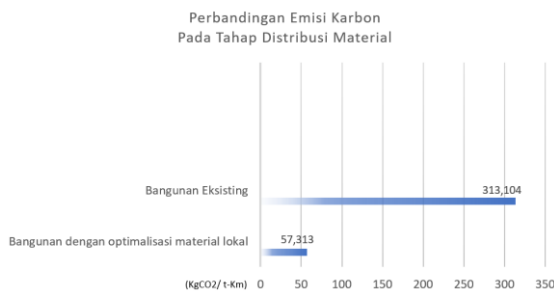


Gambar 5. Grafik Perbandingan Emisi Pengadaan Material (Sumber: Dokumen Penulis, 2024)

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa penurunan emisi karbon pada tahap pengadaan material cukup signifikan yaitu sebesar 25.097 KgCO²/Kg atau 76% lebih rendah dari material *eksisting*. Dapat disimpulkan juga bahwa material lokal memiliki proses produksi yang lebih sederhana dan menggunakan energi yang lebih sedikit dibandingkan material konvensional. Dengan demikian material lokal dapat menjadi solusi signifikan dalam mengurangi emisi karbon pada pembangunan khususnya pada tahap pengadaan/pengolahan material. Hal ini terbukti dari analisis yang menunjukkan bahwa pemanfaatan material lokal mampu menekan emisi karbon secara signifikan dibandingkan dengan material konvensional.

Untuk melengkapi analisis pengurangan emisi karbon dari penggunaan material lokal, perlu dilakukan perbandingan emisi karbon pada tahap distribusi. Tahap ini mencakup transportasi material dari sumber ke lokasi proyek. Berikut perbandingan nilai emisi karbon distribusi material pada bangunan

eksisting dan bangunan dengan optimalisasi material lokal:



Gambar 6. Grafik Perbandingan Emisi Distribusi Material (Sumber: Dokumen Penulis, 2024)

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa penurunan emisi karbon pada tahap distribusi material cukup signifikan yaitu sebesar 255,991 KgCO₂/ t-Km atau 81% lebih rendah dari material *eksisting*. Jarak tempuh menjadi faktor penting dalam emisi karbon distribusi material. Penggunaan material lokal dapat memberikan dampak positif terhadap pengurangan emisi karbon karena material lokal umumnya diproduksi di lokasi yang relatif dekat dengan proyek konstruksi, sehingga mengurangi emisi karbon dari transportasi. Hal ini dibuktikan dengan penggunaan material lokal yang mampu menekan emisi karbon hingga 81% dibandingkan material *eksisting*. Pengurangan emisi yang signifikan ini didukung oleh jarak tempuh yang lebih pendek antara lokasi produksi dan proyek konstruksi. Dengan meminimalkan jarak transportasi, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang kendaraan pengangkut material dapat ditekan secara optimal.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengevaluasi emisi karbon yang dihasilkan oleh material konvensional pada pembangunan rumah di Co-housing Samadya, dengan fokus pada tahap pengadaan dan transportasi bahan bangunan. Setelah dilakukan analisis terhadap nilai emisi karbon pada bangunan, ditemukan beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya emisi karbon, antara lain; beban dari penggunaan material, faktor emisi material dan transportasi, jarak pengangkutan material ke lokasi proyek. Untuk dapat mendapatkan hasil yang optimal dari pemanfaatan material lokal,

eksplorasi terhadap material dapat menjadi solusi signifikan dengan mempertimbangkan kekurangan material. Rendahnya emisi karbon pada material lokal disebabkan oleh proses produksi yang lebih sederhana dan penggunaan energi yang lebih sedikit dibandingkan material konvensional. Selain itu, material lokal umumnya diproduksi di lokasi yang relatif lebih dekat dengan proyek sehingga mengurangi emisi karbon dari transportasi.

Oleh karena itu, optimalisasi penggunaan material lokal perlu terus didorong untuk mewujudkan praktik konstruksi yang berkelanjutan dan berorientasi pada pelestarian lingkungan.

SARAN

Untuk mengurangi dampak lingkungan terutama dari sektor konstruksi, disarankan agar penggunaan material lokal lebih dioptimalkan, material lokal dapat menggantikan material konvensional. Material lokal seperti bambu, kayu glugu, kayu sengon, dan batu kali memiliki potensi besar untuk mengurangi emisi karbon yang dihasilkan, terutama jika dibandingkan dengan material konvensional yang sering digunakan dalam konstruksi. Oleh karena itu, praktisi arsitektur dan pengembang diharapkan untuk lebih mempertimbangkan keberlanjutan dalam memilih material untuk bangunan, dengan memberikan prioritas pada bahan yang tersedia secara lokal dan memiliki jejak karbon yang lebih rendah demi mencegah kerusakan yang berdampak pada lingkungan.

Disarankan untuk melakukan studi lanjutan dalam mengembangkan *database* emisi karbon untuk berbagai jenis material lokal yang umum digunakan di Indonesia. *Database* ini akan sangat bermanfaat bagi para praktisi konstruksi dalam memilih material yang tepat dan menghitung emisi karbon bangunan secara akurat. Studi lanjutan juga dapat memperluas analisis dengan melakukan LCA yang mencakup seluruh tahapan siklus hidup material, mulai dari ekstraksi bahan baku, produksi, distribusi, penggunaan, hingga akhir masa pakai.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Ferry, R. Putra, E. Wardenaar, dan H. Husni. (2018) "Analisa Komponen Kimia Kayu Sengon (*Albizia Falcataria*(L.) Fosberg) Berdasarkan Posisi Ketinggian Batang," *J. Hutan Lestari*, vol. 6, no. 1, pp. 83–89.
- Artiningsih, N. K. A. (2012). Pemanfaatan Bambu Pada Konstruksi Bangunan Berdampak Positif Bagi Lingkungan. *METANA*, 8(01). <https://doi.org/10.14710/metana.v8i01.5117>
- Fauzi, A. (2019). Penerapan arsitektur berkelanjutan dalam pembangunan permukiman. *Jurnal Lingkungan dan Arsitektur*, 11(3), 88-97.
- G. Hammond, & C. Jones. (2014). ICE Guide: Embodied Energy and Carbon in Building Services. *Green Building Encyclopedia*. diambil dari: <https://greenbuildingencyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf>
- Giesekam, J., Barrett, J. R., Taylor, P., & Owen, A. (2016). The greenhouse gas emissions and mitigation options for materials used in UK construction. *Energy and Buildings*, 78, 202-214. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.035>
- H. Krisnawati, E. Varis, M. Kallio, & M. Kanninen. (2011) "Paraserianthes Falcataria (L.) Nielsen: Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas," *Cent. Int. For. Res.*, pp. 1–16. doi: 10.17528/cifor/003482.
- Hidayat, R., & Santosa, H. (2018). Pemanfaatan Material Lokal dalam Konteks Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Arsitektur Nusantara*, 10(1), 45-57.
- Indrosaptono, D., Sukawi, S., & Indraswara, M. S. (2018). Kayu Kelapa (glugu) sebagai Alternatif Bahan Konstruksi Bangunan. *MODUL*, 14(1), 53–58. <https://doi.org/10.14710/mdl.14.1.2014.53-58>
- Kristina. (2021). Apa Itu Emisi Karbon? Kenali Penyebab, Dampak, dan Cara Mengurangnya. *Detik*.
- Sharma, B., Goyal, D., & Srivastava, A. (2015). Bamboo as a sustainable material in building construction. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 6(3), 39-43. <https://doi.org/10.5897/JCECT2015.0368>
- Sugiyono (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta.
- Wijayaputri, C. S. (2017). Sense of place di Wisma Salam, Magelang, Jawa Tengah. <https://repository.unpar.ac.id/handle/123456789/3897>
- Wuryanti, Wahyu (2012). Keputusan Multikriteria dalam Menilai Konstruksi Rumah Tinggal terhadap Lingkungan, *Jurnal Permukiman*, Volume 7 Nomor 2, Agustus 2012, ISSN 1907-4352.