

Analisis Emisi Karbon Pada Material Bangunan Gedung Tujuh Lantai dengan Metode BIM

Adeis Trisa Pihawiano^{1*}, Subrata Aditama², Lendra³, Waluyo Nuswantoro⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia

*Koresponden email: adeis.trisa@gmail.com

Diterima: 26 Januari 2024

Disetujui: 29 Januari 2024

Abstract

The city of Palangka Raya, Central Kalimantan is a green city that has many high-rise buildings which are at risk of producing large amounts of carbon emissions, due to the use of building materials that are not environmentally friendly. This condition will get worse with the increasing number of high-rise buildings that will be built in the future if they do not use environmentally friendly materials. This research aims to find out the amount of carbon emissions in the structural materials of multi-storey buildings. The research begins by carrying out 3D modeling using Tekla Structure Software, then specification information and work volume from the modeling results will be used to calculate the value of carbon emissions in building materials using coefficients from the Inventory Of Carbon And Energy from the University of Bath journal. The research results show that there are 16 materials that produce carbon emissions and have 2 dominant materials that produce carbon emissions, namely the Cement Plaster material which is the material that has the largest carbon emission value with a contribution of carbon emission value of 349,000.954 kgCo₂/Kg (48.092%) then Iron material with a value of 339,035.037 kgCo₂/Kg (46.718%).

Keywords: *building information modeling, global warming, carbon emission*

Abstrak

Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah adalah kota hijau yang memiliki banyak Gedung bertingkat yang berisiko menghasilkan emisi karbon dalam jumlah yang besar, dikarenakan penggunaan bahan material bangunan yang tidak ramah lingkungan. Kondisi tersebut akan semakin parah dengan semakin banyaknya bangunan gedung bertingkat yang akan dibangun kedepannya apabila tidak menggunakan bahan material yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah emisi karbon pada bahan material struktural bangunan gedung bertingkat. Penelitian dimulai dengan melakukan pemodelan 3D menggunakan *Software Tekla Structure*. Informasi spesifikasi dan volume pekerjaan dari hasil pemodelan akan digunakan untuk menghitung nilai emisi karbon pada bahan material bangunan gedung dengan menggunakan koefisien dari *Inventory Of Carbon And Energy* dari Jurnal *University of Bath*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 16 bahan material yang menghasilkan emisi karbon dan dua material dominan yang menghasilkan emisi karbon. Material plester semen adalah material yang memiliki nilai emisi karbon terbesar dengan kontribusi nilai emisi karbon sebesar 349.000,954 kgCo₂/Kg (48,092%) kemudian material besi dengan nilai 339.035,037 kgCo₂/Kg (46,718 %).

Kata Kunci: *building information modeling, pemanasan global, emisi karbon*

1. Pendahuluan

Pemanasan Global (*Global Warming*) adalah proses naiknya suhu rata – rata pada atmosfer, laut, dan daratan di bumi yang membuat ekosistem tidak seimbang di Bumi. Adapun beberapa dampak dari pemanasan Gglobal adalah naiknya permukaan laut, punahnya spesies binatang, cuaca ekstrem dan polusi udara yang disebabkan oleh karbon. Tercatat, di Asia Tenggara lebih dari 2.000 juta ton karbon dioksida diemisikan per tahun akibat kerusakan lahan gambut, 90% di antaranya dari lahan gambut Indonesia [1]. Salah satu penyebab pemanasan global salah satunya adalah pelepasan gas karbon atau emisi karbon [2]. Emisi karbon adalah suatu gas yang disebabkan oleh hasil pembakaran segala senyawa yang mengandung karbon seperti CO₂, Solar, Bensin, serta bahan bakar lainnya.

Infrastruktur adalah salah satu faktor penyumbang Emisi Karbon pada bumi, karena terdapat banyak sumber Karbon yang dikeluarkan dari proses pembangunan dan realisasi infrastruktur yang berasal dari material bangunan, kelistrikan, dan juga bahan bakar alat berat. Menurut [3] semakin besar kuantitas pekerjaan dan karbon tersimpan (*Embodied Carbon*) pada bangunan infrastrukturnya maka semakin besar pula emisi karbon yang dihasilkan bangunan tersebut. Salah satu contoh dari bangunan yang memiliki kuantitas pekerjaan besar adalah bangunan tujuh lantai Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi

Gambut di kota Palangka Raya. Diketahui Gedung Pusat Pengembangan IPTEK dan Inovasi Gambut tersebut memiliki beberapa material yang tidak sesuai dengan penerapan konsep *Green Building*.

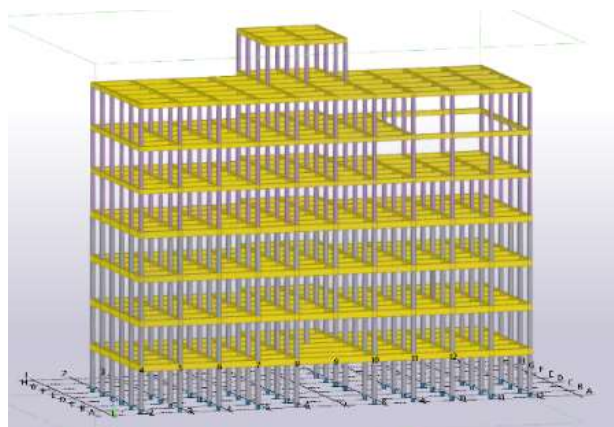
Saat ini, teknologi yang paling berkembang dalam konstruksi sektor adalah *Building Information Modeling* (BIM). Teknologi ini baru pendekatan untuk desain, konstruksi, dan manajemen fasilitas, di mana representasi digital dari proses [5]. Adopsi BIM baru saja mulai lepas landas di seluruh dunia dalam beberapa tahun terakhir [6]. Melalui penggunaan BIM, 3D konvensional atau empat dimensi (4D) model menjadi model 5D yang menggabungkan berbagai aspek informasi desain yang diperlukan pada setiap tahap siklus hidup proyek [7]. Menurut [8] struktur bangunan umumnya terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Bangunan bawah yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan gedung yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan bangunan atas adalah struktur bangunan gedung yang berada di atas permukaan tanah.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini hanya berfokus pada bahan material komponen struktural dan arsitektural dimana menurut [8] komponen struktural terbagi menjadi komponen atas dan komponen bawah. Penelitian ini berfokus kepada komponen struktur atas yang terdiri dari kolom, balok, ring balok, plat lantai, dak atap dan tangga [9]. Kemudian komponen arsitektural hanya meninjau beberapa material saja seperti pada pekerjaan lantai, kusen pintu jendela, dinding dan plafon [10]. Penelitian ini menggunakan nilai dari *embodied energi*. *Embodied energi* adalah energi yang tersimpan dalam suatu material bangunan. Nilai dari *embodied energi* diambil dari jurnal [11] yang berasal dari University Of Bath dari United Kingdom.

2.1 Pemodelan 3D

Proses pengerjaan dengan metode ini hanya menggunakan *Software Tecla Structure*. Dalam [12] dijelaskan bahwa menggunakan metode BIM lebih efisien dan cepat dalam mencari nilai volume pekerjaan dalam pemodelan bangunan.



Gambar 1. Tampak Perspektif Bangunan
 Sumber: Hasil Analisis Data

2.2 Perhitungan Emisi Karbon

Metode penelitian dilakukan dengan menghitung nilai emisi karbon menggunakan pendekatan nilai inventori *embodied energi* University Of Bath dari [11]. Penelitian ini juga menggunakan data sekunder berupa studi literatur dari artikel luar negeri maupun dalam negeri yang memiliki topik emisi karbon, material konstruksi dan metode BIM. Perhitungan nilai emisi karbon digunakan dengan persamaan 1 dan 2 [4].

$$Vm = \frac{Vs}{BJ} \quad (1)$$

$$EC = Vm \times CEC \quad (2)$$

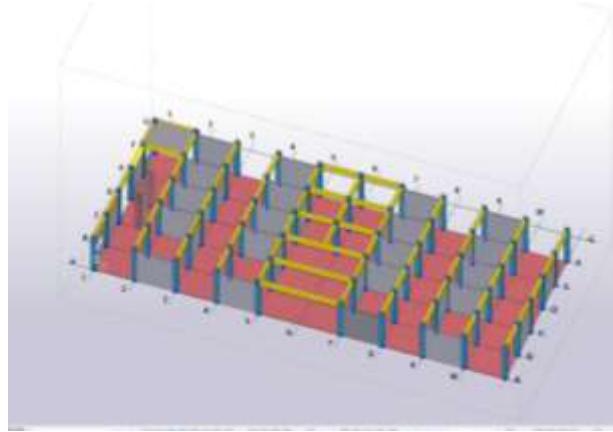
2.3 Perbandingan Selisih Emisi Karbon

Hasil analisis dari metode BIM kemudian dibandingkan dengan hasil metode Konvensional dari data sekunder berupa *Bill Of Quantity* (BOQ) bangunan gedung yang ditinjau untuk mengetahui selisih nilai emisi karbon dari kedua metode tersebut. Secara garis besar, tahapan penelitian ini dilakukan berdasarkan **Gambar 2**. Perbandingan dilakukan dengan cara membandingkan selisih nilai total emisi karbon dan metode BIM dengan metode konvensional, dimana selisih nilai emisi karbon inilah yang akan dikonversikan ke nilai mata uang Rupiah Indonesia.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dengan menggunakan *software Tecla Structure* dilaksanakan berdasarkan urutan kegiatan konstruksi. Mulai dari lantai dasar, keramik, pekerjaan pembetonan, pembesian, bekisting, plester, plafon dan pengecatan. Dalam pemodelan 3D dengan menggunakan *software Tecla Structure* menggunakan [13] sebagai acuan dalam pengerjaan struktur kolom, balok dan ringbalk. Lalu acuan untuk pemodelan tangga, plat lantai dan dak atap menggunakan artikel [14] dan [15].



Gambar 2. Pemodelan 3D Denah Lantai 1
 Sumber: Hasil Analisis Data

3.2. Perhitungan Emisi Karbon

Untuk mendapatkan nilai emisi karbon, satuan dari nilai dari volume pekerjaan harus diubah ke kilogram (Kg). Dimana untuk mengubah satuan tersebut harus dimasukkan ke persamaan (1) terlebih dahulu.

Tabel 2. Nilai Volume Pekerjaan Dari Metode BIM

No.	Komponen	Volume (m ³)	Berat Jenis (m ³ /kg)	Berat (Kg)
1.	Beton	1675,110	2,200	3685,242
2.	Besi	-	-	258805,372
3.	Bekisting Kayu	67583,963	0,705	47646,694
4.	Pasir	70,180	1,400	98,252
5.	Batu Pecah	77,880	1,800	140,184
6.	Air	22000,000	-	22000,000
7.	Keramik	3921,474	2,500	9803,686
8.	Plafon Plywood	6881,457	0,705	4851,427
9.	Batu Bata	686,019	0,950	651,718
10.	Plester Semen	-	-	471622,911
11.	Cat	-	-	1867,369
12.	Pintu Kayu	13,793	0,705	9,724
13.	Pintu Aluminium	12,402	2,712	33,634
14.	Jendela Aluminium	45,947	2,712	124,608
15.	Ventilasi Aluminium	0,357	2,712	0,968
16.	Kaca	56,458	2,579	145,606

Sumber: Hasil Analisis Data

Dapat dilihat pada **Tabel 2** hasil dari persamaan (1) menunjukkan nilai volume pekerjaan yang memiliki satuan kg dan sudah bisa dimasukkan ke dalam persamaan (2). Nilai koefisien emisi karbon yang digunakan dalam persamaan (2).

Tabel 3. Nilai *Coefficient Energy Carbon*

No.	Nama Material & Komponen	Nilai Emisi (KgCO ₂)
1.	Cement	0,74
2.	Cocrete 20/25	0,107
3.	Bar and Rod	1,31
4.	Ceramics	0,66
5.	Plywood	0,81
6.	Timber	0,45
7.	Glass	0,86
8.	Aluminium	1,69
9.	Sand	0,0048
10.	Cat (Paint)	2,42
11.	Gravel	0,0048
12.	Water	0,001

Sumber: Inventory Of Carbon And Energy (2021)

Hasil volume pekerjaan dari pemodelan 3D kemudian dimasukkan ke dalam persamaan (2). Hasilnya ada 2 material yang mendominasi dari total 16 material nilai emisi karbon yang didapatkan. Material plester semen adalah material yang memiliki nilai emisi karbon terbesar dengan kontribusi nilai emisi karbon sebesar 349.000,954 kgCo₂/Kg (48,092%) kemudian material besi dengan nilai 339.035,037 kgCo₂/Kg (46,718 %). Penelitian [16] mengatakan bahwa beton memberikan kontribusi rata - rata 73% terhadap bangunan gedung. Walaupun nilai *Coefficient Energy Carbon* terbesar dimiliki oleh material cat (*paint*) sebesar 4,24 kgCo₂. Dari hasil analisis dengan metode BIM diketahui ada 16 material yang didapatkan dengan 3 material yang memiliki nilai emisi diatas persentase 0,1% dari total struktur bagian atas dan sisanya memiliki nilai persentase dibawah 0,1%. Dapat dilihat pada **Tabel 3** data yang menunjukkan bahwa nilai emisi karbon pada bagian struktural gedung tujuh lantai ini memiliki nilai yang cukup menonjol pada bahan material besi dan semen plester.

Tabel 4. Persentase Nilai Emisi Karbon

No.	Komponen	Emission Carbon (KgCO ₂ /Kg)	Persentase (%)
1.	Beton	394,321	0,0543%
2.	Besi	339035,037	46,7187%
3.	Bekisting Kayu	21441,012	2,9546%
4.	Pasir	0,472	0,0001%
5.	Batu Pecah	0,673	0,0001%
6.	Air	22,000	0,0030%
7.	Keramik	6470,433	0,8916%
8.	Plafon Plywood	3929,656	0,5415%
9.	Batu Bata	482,271	0,0665%
10.	Plester Semen	349000,954	48,0920%
11.	Cat	4519,032	0,6227%
12.	Pintu Kayu	4,376	0,0006%
13.	Pintu Aluminium	56,842	0,0078%
14.	Jendela Aluminium	210,587	0,0290%
15.	Ventilasi Aluminium	1,636	0,0002%
16.	Kaca	125,221	0,0173%
Total		725694,523	

Sumber: Hasil Analisis Data

Setelah hasil emisi karbon dengan metode BIM didapatkan, kemudian persentase dari hasil analisis dengan metode BIM dibandingkan dengan hasil metode Konvensional dari *Bill Of Quantity* (BOQ) bangunan Gedung. Dimana dalam perhitungan volume pekerjaan metode konvensional ini hanya menggunakan material yang sama dengan 16 material yang terdapat pada metode BIM.



Gambar 3. Persentase Dengan Metode BIM
Sumber: Hasil Analisis Data

Tabel 5. Nilai Volume Pekerjaan Metode Konvensional

No.	Komponen	Volume (m ³)	Berat Jenis (m ³ /kg)	Berat (Kg)
1.	Beton	1762,650	2,200	3877,830
2.	Besi	-	-	277342,651
3.	Bekisting Kayu	63939,158	0,705	45077,107
4.	Pasir	72,158	1,400	101,021
5.	Batu Pecah	80,075	1,800	144,135
6.	Air	22620,000	-	21600,000
7.	Keramik	5434,359	2,500	13585,898
8.	Plafon Plywood	6881,914	0,705	4851,749
9.	Batu Bata	1324,192	0,950	1257,982
10.	Plester Semen	-	-	528427,939
11.	Cat	-	-	1867,369
12.	Pintu Kayu	13,639	0,705	9,616
13.	Pintu Aluminium	12,283	2,712	33,311
14.	Jendela Aluminium	45,734	2,712	124,031
15.	Ventilasi Aluminium	0,340	2,712	0,922
16.	Kaca	56,220	2,579	144,992

Sumber: Hasil Analisis Data

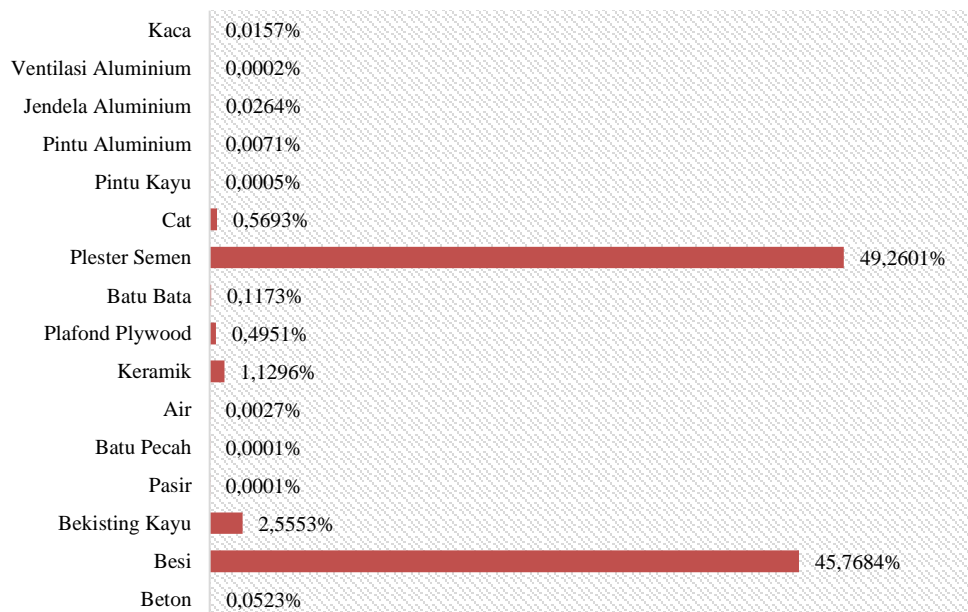
Pada Tabel 5 menunjukkan nilai volume pekerjaan pada material besi merupakan material penghasil emisi karbon terbesar dari material yang lainnya. Sama seperti pada perhitungan metode BIM, dalam metode konvensional ini, nilai koefisien emisi karbon dan volume pekerjaan sangat berpengaruh dalam besarnya emisi karbon yang dihasilkan.

Di Tabel 6 menunjukkan nilai persentase dari hasil analisis dengan metode konvensional memiliki 2 material yang mendominasi diatas 0,1% dari total persentase bangunan. Yaitu material semen plester dengan nilai sebesar 391.036,675 kgCo₂/Kg (49,26%), kemudian material Besi 363.318,873 kgCo₂/Kg (45,76%). Menurut [17] rata – rata *embodied carbon* dari material beton pada material mencapai 62%. Akan tetapi pada penelitian ini hampir 50% nilai *embodied carbon* terletak pada pembesian. Hal ini wajar dikarenakan penelitian ini hanya berfokus kepada bagian struktur atas bangunan infrastruktur saja dan tidak mencakup keseluruhan aspek dan komponen Gedung bangunan.

Tabel 6. Persentase Metode Konvensional

No.	Komponen	Emission Carbon (KgCO ₂)	Persentase
1.	Beton	414,928	0,0523%
2.	Besi	363318,873	45,7684%
3.	Bekisting Kayu	20284,698	2,5553%
4.	Pasir	0,485	0,0001%
5.	Batu Pecah	0,692	0,0001%
6.	Air	21,600	0,0027%
7.	Keramik	8966,692	1,1296%
8.	Plafon Plywood	3929,917	0,4951%
9.	Batu Bata	930,907	0,1173%
10.	Plester Semen	391036,675	49,2601%
11.	Cat	4519,032	0,5693%
12.	Pintu Kayu	4,327	0,0005%
13.	Pintu Aluminium	56,295	0,0071%
14.	Jendela Aluminium	209,613	0,0264%
15.	Ventilasi Aluminium	1,558	0,0002%
16.	Kaca	124,693	0,0157%
Total			793820,985

Sumber: Hasil Analisis Data

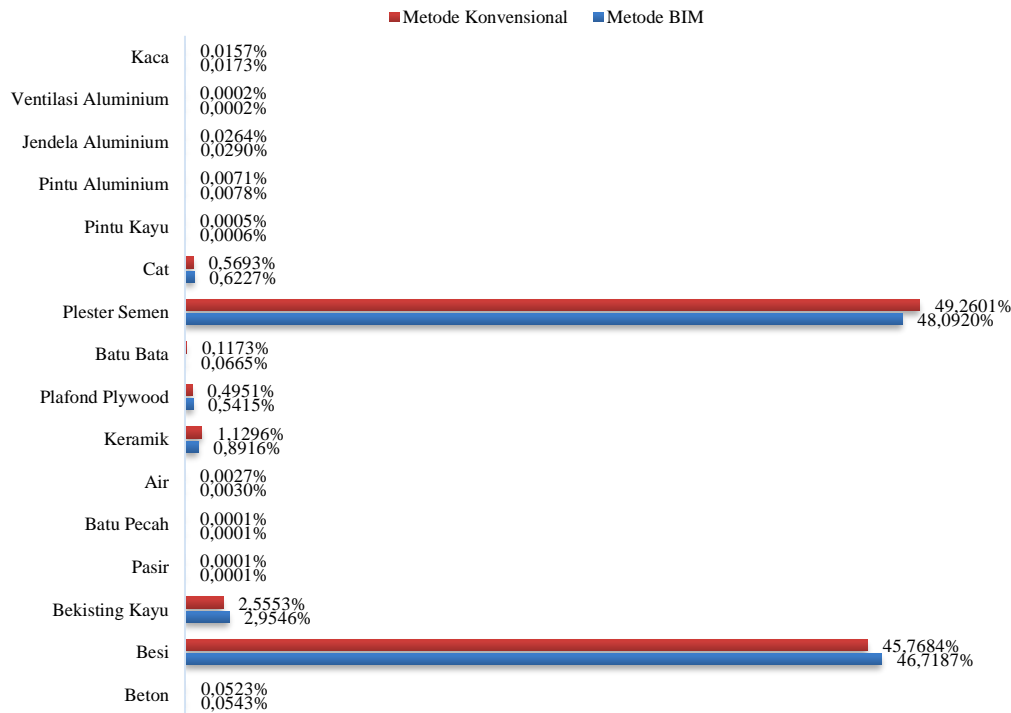


Gambar 4. Persentase Emisi Karbon dengan Metode Konvensional

Sumber: Hasil Analisis Data

3.3. Perbandingan Selisih Emisi Karbon

Bisa dilihat bahwa perbandingan nilai total dari *emisi karbon* yang menggunakan metode BIM memiliki nilai total emisi karbon sebesar 725.694,523 KgCO₂ dan menggunakan metode konvensional dari BOQ sebesar 793.820,985 KgCO₂. Jika dibandingkan antara metode BIM dan Konvensional, maka kedua metode ini memiliki selisih sebesar 68.126,463 KgCO₂ Perbandingan nilai emisi karbon. Jika kita konversikan jumlahnya ke dalam Rupiah Indonesia, maka jumlah 1 ton Co₂ setara dengan Rp. 14.932 [18]. Maka jika kita jumlahkan selisih nilai emisi karbon pada analisis metode BIM dengan metode konvensional dari RAB, analisis yang menggunakan metode BIM lebih hemat emisi karbon sebesar Rp. 1.017.264.



Gambar 5. Perbandingan Metode Konvensional dengan Metode BIM
Sumber: Hasil Analisis Data

Pada **Gambar 5** menunjukkan data perbandingan antara nilai emisi karbon dengan metode BIM dan metode Konvensional memiliki selisih yang tidak terlalu jauh antara setiap material nya. Pada material Plester semen, selisih nilai emisi karbon antara metode BIM dan konvensional hanya 8432,895 kgCO₂ saja, dan untuk selisih nilai emisi karbon antara Metode BIM dan konvensional pada material besi sebesar 37.293,552 kgCO₂.

4. Kesimpulan

Pada bangunan gedung tujuh lantai ini terdapat 16 material bangunan dan terdapat 3 material dengan nilai emisi karbon yang berada diatas 0,01%, yaitu material besi (94,869%) menghasilkan emisi karbon sebesar 341.091,63 KgCO₂. Selanjutnya material plester Semen (4,819%) dengan emisi karbon sebesar 17.327,352 KgCO₂ dan material batu bata (0,1261%) dengan nilai emisi karbon sebesar 453,323 KgCO₂. Sedangkan untuk bahan material lainnya hanya menghasilkan emisi karbon dibawah 0,01% dari bangunan gedung tujuh lantai. Hal ini dikarenakan material yang lainnya memiliki koefisien emisi karbon yang rendah dan ramah lingkungan. Kenaikan emisi karbon pada material pembesian, plester semen dan batu bata ini dipengaruhi oleh nilai volume pekerjaan yang besar dan koefisien dari *Inventory Of Carbon And Energy* yang membuat nilai emisi karbonnya meningkat. Kenaikan nilai emisi karbon ini dapat ditekan dengan mengganti bahan material yang ramah lingkungan dan memiliki koefisien emisi karbon yang lebih rendah.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. A. K. A. Uda and M. A. Wibowo, "Upaya Penurunan Energi di Bidang Konstruksi dalam Rangka Mengurangi Dampak Pemanasan Global," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 3, p. 1, 2018.
- [2] P. Rezvani Moghaddam, A. A. Mohammad Abadi, H. Fallahi, and M. Aghhavan Shajari, "Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus*)," in *59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research*, 2010.
- [3] R. A. L. Widyawati, "Green Building Dalam Pembangunan Berkelanjutan Konsep Hemat Energi Menuju Green Building Di Jakarta," *J. KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bid. Rekayasa Arsitektur, Sipil, Ind.*, vol. 2, no. 1, 2019.
- [4] S. A. K. A. Uda, "Embodied Energy and Embodied Carbon Consumption Analysis of 36-Type Simple House Building Materials," *Teknik*, vol. 42, no. 2, pp. 160–168, 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i2.34268.

- [5] K. Wu and L. Zhang, "Progress in the development of environmental risk assessment as a tool for the decision-making process," *J. Serv. Sci. Manag.*, vol. 2014, 2014.
- [6] Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, and Y. Li, "Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions," *Autom. Constr.*, vol. 83, pp. 134–148, 2017.
- [7] M. D. Martínez-Aires, M. López-Alonso, and M. Martínez-Rojas, "Building information modeling and safety management: A systematic review," *Saf. Sci.*, vol. 101, no. January, pp. 11–18, 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2017.08.015.
- [8] J. Bissotek, S. Indah Ningsih, and M. Purwandito, "Tinjauan Laik Fungsi Bangunan Gedung Istana Benua Raja Kabupaten Aceh Tamiang," *Sos. dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–9, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30811/bissotek.v12i1.2919>
- [9] Setiyawan, "Penjelasan mengenai Kolom," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [10] K. C. Pandiangan, L. N. Huda, and A. J. M. Rambe, "Analisis Perancangan Sistem Ventilasi Dalam Meningkatkan Kenyamanan Termal Pekerja Di Ruang Formulasi PT Xyz," *J. Tek. Ind. USU*, vol. 1, no. 1, p. 219148, 2013.
- [11] G. Hammond and C. Jones, "Embodied Carbon: The Inventory of Carbon and Energy (ICE)," *A BSRIA Guid.*, p. 136, 2011, [Online]. Available: <http://www.ihsti.com/tempimg/57c152b-ENVIRO2042201160372.pdf%0Awww.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied%0A>
- [12] Z. Aria and L. M. F. Purwanto, "Analisis Emisi Karbon Rumah Tipe-45 Di Kota Palangkaraya Dengan Single-Subject Experimental," *J. Arsit. Komposisi*, vol. 14, no. 2, pp. 93–101, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/komposisi/article/view/4611/2197>
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [14] A. W. Zebua, "Desain Pelat Gedung Struktur Beton Bertulang Di Wilayah Gempa Tinggi," *SIKLUS J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 91–102, 2018, doi: 10.31849/siklus.v4i2.1650.
- [15] Rizki, "Landasan Teori Gedung Bertingkat," <http://e-journal.uajy.ac.id/7244/4/3TF03686.pdf>, no. 492, pp. 15–48, 2003.
- [16] C. L. Thiel, N. Champion, A. E. Landis, A. K. Jones, L. A. Schaefer, and M. M. Bilec, "A Materials Life Cycle Assessment of a Net-Zero Energy Building," *Energies*, vol. 6, no. 2, pp. 1125–1141, 2013. doi: 10.3390/en6021125.
- [17] S. Hellweg and L. M. I. Canals, "Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment," *Science (80-.)*, vol. 344, no. 6188, pp. 1109–1113, 2014, doi: 10.1126/science.1248361.
- [18] M. Rahmat, "Evaluasi Manfaat Dan Biaya Pengurangan Emisi Serta Penyerapan Karbon Dioksida Pada Lahan Gambut di HTI PT. Sba Wi," *J. Bumi Lestari*, vol. 10, no. 2, pp. 275–284, 2010.