

## ANALISIS JUMLAH CARBON FOOTPRINT SEMEN PADA PEKERJAAN PLESTER DINDING PROYEK RUMAH TINGGAL

Marcell<sup>1</sup> dan Basuki Anondho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
marcell.325180133@stu.untar.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta  
basukia@ft.untar.ac.id

Masuk: 27-01-2023, revisi: 19-03-2023, diterima untuk diterbitkan: 02-04-2023

### ABSTRACT

*In the world of construction, Occupational Health, Safety and Environment (OHS) is very important to do, and in OHS it is not only the occupational health and safety of construction workers that comes first. Environmental health also needs to be considered. One of the environmental pollution that occurs in construction is the carbon footprint. Carbon footprint is greenhouse gas emissions obtained from the calculation of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions. The ongoing carbon footprint is causing global warming to hit the earth. The process of making cement to managing cement into residential wall plaster, causing carbon footprint. Carbon footprint is reviewed from the cement manufacturing process, cement transportation process, to the management process into residential cement wall plaster. The purpose of this study is to be able to calculate the amount of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) gas on the plastering of the walls of a residential house. There are differences and deviations in the thickness of the plastering of the walls of each house, therefore the analysis will compare the results of the differences in the thickness of the wall plaster. From the results of the analysis conducted on 5 different houses located in Sunter, North Jakarta, there were only 2 houses that met the threshold value standard of 5.000 ppm or 0,005 Tons / m<sup>3</sup>. The average emission result for 5 residential projects if the difference in cement wall plaster thickness is not taken into account is 0,005242 Tons / m<sup>3</sup>, while in reality on the ground it is 0,005381 Tons / m<sup>3</sup>.*

*Keyword: Carbon Footprint, Cement, Plaster, Thickness, Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emission*

### ABSTRAK

Dalam dunia konstruksi Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) sangat penting untuk dilakukan, dan dalam K3L bukan hanya kesehatan dan keselamatan kerja para pekerja konstruksi saja yang diutamakan. Kesehatan lingkungan juga perlu untuk diperhatikan. Pencemaran lingkungan yang terjadi dalam konstruksi salah satunya adalah *carbon footprint*. *Carbon footprint* merupakan emisi gas rumah kaca yang didapatkan dari perhitungan emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). *Carbon footprint* yang sedang berlangsung menyebabkan pemanasan global yang melanda bumi. Proses pembuatan semen sampai dengan pengelolaan semen menjadi plesteran rumah tinggal, menimbulkan *carbon footprint*. *Carbon footprint* ditinjau dari proses pembuatan semen, proses transportasi semen, sampai dengan proses pengelolaan menjadi plesteran rumah tinggal. Tujuan dalam penelitian ini untuk dapat menghitung jumlah gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada plesteran dinding rumah tinggal. Terdapat adanya perbedaan dan penyimpangan ketebalan plesteran dinding dari tiap masing-masing rumah, oleh karena itu analisis akan membandingkan hasil akibat dari adanya perbedaan dari ketebalan plesteran. Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap 5 rumah yang berbeda yang terletak di Sunter Jakarta Utara, hanya terdapat 2 rumah yang memenuhi standar nilai ambang batas sebesar 5.000 ppm atau 0,005 Ton/m<sup>3</sup>. Hasil rata-rata emisi untuk 5 proyek rumah tinggal jika perbedaan tebal plesteran tidak diperhitungkan adalah sebesar 0,005242 Ton/m<sup>3</sup>, sedangkan pada kenyataan di lapangan adalah sebesar 0,005381 Ton/m<sup>3</sup>.

Kata kunci: *Carbon Footprint, Semen, Plesteran, Tebal, Emisi Gas CO<sub>2</sub>*

### 1. PENDAHULUAN

Dalam K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja pekerja konstruksi) yang dilakukan dalam proyek konstruksi. Tetapi hal yang perlu untuk diperhatikan juga adalah lingkungan hidup dari pekerjaan konstruksi itu sendiri. Perlu adanya peninjauan mengenai kesehatan dan keselamatan lingkungan yang ada pada sekarang ini, terutama yang terjadi di Indonesia. Oleh sebab itu perlu dilakukannya pengelolaan lingkungan yang baik (Meidianti, 2014)

Lingkungan memiliki peran dan pengaruh yang besar bagi kehidupan umat manusia. Lingkungan dapat mengalami perubahan, baik dalam segi fisiknya maupun segi fungsinya karena berbagai faktor salah satunya karena era pemanasan global yang terjadi terutama di Indonesia. Sehingga efek dari masalah lingkungan dirasakan oleh semua orang yang ada di bumi dengan terjadinya gejala-gejala alam yang menunjukkan ketidakaturan (Hardiningtyas, 2016).

Namun, terdapat permasalahan pada proses pengelolaan material konstruksi pada pekerjaan konstruksi mengakibatkan adanya efek rumah kaca akibat gas CO<sub>2</sub>. Tentunya limbah *carbon footprint* ini memberikan efek negatif terhadap aspek lingkungan terutama yang terjadi bukan hanya di Indonesia, tetapi juga seluruh dunia. (Zainordin & Zahra, 2020). Bahan-bahan dan proses pembuatan material konstruksi menimbulkan *carbon footprint*, dan pada konstruksi beton merupakan penghasil emisi karbon terbanyak dalam pekerjaan konstruksi (Ahmed, 2020). Dalam proses pengelolaan konstruksi tentunya akan mengalami suatu kegiatan atau life stages suatu produk yang akan dibuat secara langsung maupun tidak langsung mengakibatkan adanya emisi gas karbon dioksida atau CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dan hasil yang didapatkan akan menimbulkan *carbon footprint* (Nugrahardani et al., 2017). *Carbon footprint* atau adalah jumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan dampak gas rumah kaca yang dihasilkan pada seluruh siklus proses atau produksi (Postnote, 2006). Dan pada sektor konstruksi tentunya menjadi salah satu yang menyebabkan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) yang diperoleh dari kegiatan-kegiatan dan aktivitas-aktivitas konstruksi (Labaran et al., 2021)

Emisi gas CO<sub>2</sub> yang diakibatkan dalam pembuatan semen dan pengelolaan konstruksi serta pengaplikasian semen menjadi plesteran dinding. Pemilihan semen sebagai material yang akan ditinjau karena semen merupakan material penghasil gas carbon yang terbesar dibandingkan dengan material lainnya (Aditama, 2021). Masalah-masalah yang penting untuk diselesaikan yaitu berapa besar *carbon footprint* semen yang dihasilkan untuk pekerjaan konstruksi pembuatan, pengelolaan plester dan transportasi semen pada bangunan rumah tinggal. Dan dibandingkan dengan peraturan-peraturan yang mengacu pada batasan-batasan yang diizinkan untuk emisi gas CO<sub>2</sub> dalam studi kasus ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah emisi gas CO<sub>2</sub> dalam pengelolaan plesteran semen rumah tinggal sudah memenuhi standar sesuai dengan peraturan-peraturan yang ada dan mengetahui emisi gas CO<sub>2</sub> akibat penyimpanan ketebalan pada plesteran dinding.

### Plesteran Dinding SNI 2837:2008

Pencampuran mortar plesteran semen adalah dengan terlebih dahulu mencampur pasir dan semen sesuai dengan komposisi bahan, lalu diaduk rata dan tambahkan air, kemudian diaduk sesuai dengan kekenyalan dan bahan yang dibutuhkan. Sebaiknya tidak mencampur terlalu banyak air, apabila campuran menjadi cair, maka campuran sukar untuk menempel di dinding. Dan terlalu sedikit air akan membuat mortar kering dan sulit menempel di dinding (Hanafiah, 2019). Metode perhitungan pekerjaan plesteran pada konstruksi bangunan gedung dan perumahan, ketebalan plesteran pada pekerjaan dinding dalam proyek rumah tinggal adalah setebal 15 mm dengan perbandingan campuran plesteran (1 semen : 5 pasir). Berikut merupakan material pasir dan semen pada pasangan ½ bata dengan ukuran 5×11×22 dengan luas 1 m<sup>2</sup>:

1. Pasangan ½ bata dengan campuran 1PC : 4PP (6,24 kg semen dan 0,024 m<sup>3</sup> pasir)
2. Pasangan ½ bata dengan campuran 1PC : 5PP (5,18 kg semen dan 0,026 m<sup>3</sup> pasir)
3. Pasangan ½ bata dengan campuran 1PC : 6PP (4,42 kg semen dan 0,027 m<sup>3</sup> pasir)

### Volume Plesteran Dinding

Pengelolaan plesteran dinding yang ditinjau dari volume pekerjaan plesteran (mm<sup>3</sup>). Volume pekerjaan plesteran didapatkan melalui pengukuran di lapangan. Perhitungan volume plesteran bertujuan untuk mendapatkan berat semen yang akan dipakai. Berat semen yang didapatkan akan dihitung jumlah gas karbon dioksidanya (CO<sub>2</sub>) mulai dari proses pembuatan, transportasi dan pengelolaan semen.

Panjang tembok dapat dilihat pada gambar denah masing-masing rumah untuk masing-masing lantai. Panjang tembok akan dikalikan dengan tinggi dinding dan dikurangi dengan luas bukaan (pintu, jendela, kolom, dan lain sebagainya). Luas dinding yang didapatkan akan dikalikan dengan tebal plesteran dinding. Berat semen yang dipakai dalam pekerjaan plesteran dapat dihitung dengan mengetahui volume plesteran dinding dengan cara mengetahui perbandingan semen dan pasir dalam campuran plesteran dinding. Perhitungan volume dihitung berdasarkan tiap fungsi ruangan dalam proyek rumah, seperti pada berikut ini:

$$\text{Volume Plesteran Dinding} = \text{Luas Dinding} \times \text{Tebal Plesteran} \quad (1)$$

Dengan

$$\text{Luas Dinding} = (\text{Panjang Dinding} \times \text{Tinggi Dinding}) - \text{Luas Bukaan} \quad (2)$$

Dengan panjang dinding, tinggi dinding, luas bukaan, dan tebal plesteran didapatkan dari pengukuran di lapangan. Pengukuran volume plesteran dinding digunakan untuk mendapatkan berat semen dari keseluruhan proyek rumah. Berat semen yang diperoleh digunakan untuk mencari *carbon footprint* semen dalam pekerjaan plesteran dinding seperti pada berikut:

$$\text{Berat Semen (Kg)} = (\text{Volume PL})/15 \times \text{Berat Semen Campuran} \quad (3)$$

Dengan volume PL = Volume plesteran dinding ( $\text{m}^3$ ) dan berat semen campuran dilihat pada perbandingan campuran semen dan pasir dalam plesteran dinding proyek rumah.

Perbedaan ketebalan volume plesteran dapat terjadi jika terdapat kesalahan atau penyimpangan dari tebal plesteran secara tidak wajar. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya juga perbedaan volume plesteran yang berdampak pada volume dan berat semen yang didapatkan.

### **Carbon Footprint**

Jejak karbon atau *carbon footprint* adalah jumlah keseluruhan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan dampak gas rumah kaca yang dihasilkan selama proses produksi Postnote (2006). Jejak karbon atau *carbon footprint* merupakan salah satu *footprint* yang dapat menunjukkan jumlah total karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas rumah kaca lainnya yang dipancarkan selama produksi suatu produk atau jasa (Hoekstra & Ercin, 2012). Jejak karbon biasanya dihitung dengan satuan massa ekuivalen  $\text{CO}_2$  atau karbon dioksida dengan ton atau kilogram ekuivalen  $\text{CO}_2$  atau ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) (Admaja et al., 2018). Pada tulisan ini *carbon footprint* yang akan dihitung berdasarkan pembuatan semen, kegiatan transportasi semen, serta pengelolaan semen hingga menjadi plesteran.

Perhitungan jejak karbon (*carbon footprint*) semen pada rumah tinggal seluas  $45\text{m}^2$  dengan perbandingan semen adalah 1PC : 5PP adalah 10.766 Ton  $\text{CO}_2$  (Lapenangga, 2016). Emisi  $\text{CO}_2$  semen pada plesteran (traditional cement mortar) memiliki jumlah nilai gas  $\text{CO}_2$  dalam per  $\text{m}^3$  adalah 0,35-0,4 Ton/ $\text{m}^3$  (Worrell et al., 2001). Dan nilai ambang batas  $\text{CO}_2$  merupakan suatu tolak ukur keamanan jumlah kadar karbon dioksida dalam suatu daerah tertentu. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2021), nilai ambang batas  $\text{CO}_2$  yang diperbolehkan adalah sebesar 5.000 ppm. (0,005 Ton/ $\text{m}^3$ ) seperti berikut ini:

$$\frac{\text{Emisi } \text{CO}_2 \text{ Total (Ton)}}{\text{Volume Rumah (m}^3\text{)}} \leq 0,005 \quad (4)$$

Dengan Emisi  $\text{CO}_2$  Total = Emisi  $\text{CO}_2$  yang diperoleh dari pembuatan material semen, pengelolaan semen dan transportasi semen dan Volume Rumah = merupakan volume ruangan total pada proyek rumah yang diukur di lapangan.

### **Carbon Footprint Dari Material Semen**

Kuantitas  $\text{CO}_2$  yang terjadi pada proses pembuatan semen dapat dilihat dan terjadi pada proses pemanasan dari rotary klinker, dimana prosesnya terjadi kepada komponen material mayor (utama) yang memiliki komponen penyumbang terbanyak yaitu batuan kapur/*lime* ( $\text{CaCO}_3$ ) sebanyak 65,5% dari seluruh komposisi semen. Pada proses pembakaran, batuan kapur yang memanaskan mulai akan membentuk senyawa kapur ( $\text{CaO}$ ) yang nantinya akan habis terbakar dan membentuk gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). (Mindess et al., 1989) seperti persamaan berikut:



Berikut adalah merupakan tipe-tipe semen, yang digunakan:

1. TIPE I: Semen Portland Biasa *Ordinary Portland Cement* (OPC) atau Semen yang umum digunakan yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk jenis lain.
2. TIPE II: Semen yang digunakan membutuhkan sulfat sedang dan ketahanan hidrasi.
3. TIPE III: Semen yang digunakan membutuhkan kekuatan tinggi pada fase awal setelah pengerasan.
4. TIPE IV: Semen yang membutuhkan panas hidrasi rendah.
5. TIPE V: Semen membutuhkan ketahanan sulfat yang tinggi dalam penggunaannya.

Emisi gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan saat proses produksi semen mengacu pada IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) *Guidline* tahun 2006. Dalam penelitian ini hanya diambil material  $\text{CaCO}_3$ , karena seperti yang sudah dijelaskan bahwa gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) terjadi karena peleburan  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{CaO}$  yang terjadi pada klinker. Seperti berikut:

$$\text{Emisi } \text{CO}_2 (\text{ton}) = [\Sigma(M_{ci} \times C_{li})] \times EF_{dc} \quad (6)$$

Dengan  $M_{ci}$  = Berat semen tipe 1 yang diproduksi (Ton),  $C_{cli}$  = Fraksi clinker semen tipe 1 (%) dan  $EF_{dc}$  = Faktor emisi *clinker* (ton CO<sub>2</sub>/ton *clinker*)

Faktor emisi *clinker default* (secara umum) yaitu 0,52 ton CO<sub>2</sub>/ton klinker. Sedangkan semen OPC (Portland Tipe I), memiliki nilai fraksi klinker sebesar 0,88 atau 88% dan semen Non OPC memiliki nilai fraksi klinker sebesar 0,8 atau 80%.

### Carbon Footprint Dari Pengelolaan Plesteran Dinding

Berdasarkan data *United States Environmental Protection Agency* menyebutkan bahwa jumlah gas emisi pada sektor perumahan dan komersil sebesar 13%, lebih besar dibandingkan sektor pertanian. *Environmental Protection Agency* (2019). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa kegiatan konstruksi akan menimbulkan *carbon footprint* untuk setiap jenis pekerjaan konstruksi. Pada konstruksi plesteran dinding semen yang paling umum digunakan adalah semen portland Tipe 1.

Pada proses pengelolaan plesteran kuantitas emisi gas CO<sub>2</sub> yang akan dihitung dengan menggunakan metode *embodied carbon*. *Embodied carbon* adalah emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang terkait dengan bahan dan proses konstruksi (Aditama, 2021). Seperti berikut:

$$EC (Kg) = Vm \times CEC \quad (7)$$

Dengan  $Vm$  = Volume material yang digunakan (Kg) dan  $CEC$  = *Coeffisient Embodied Carbon* (data *inventory Bath University*) yang dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. *Coefficient Embodied Carbon* dari *inventory Bath University*

Material	<i>Embodied Carbon Kg CO<sub>2</sub>/Kg</i>
Batu Belah	0,056
Semen	0,83
Pasir	0,005
Kerikil	0,017
Besi	1,17
Kayu	0,45
Keramik Tile	0,59
Batu Bata	0,22
Cat	1,06
Atap Seng	3,31
Kaca	0,85
Plywood	0,81

Dalam pengelolaan plesteran material yang dipakai adalah pasir, semen, dan air. Oleh karena itu dalam perhitungan harus diperhitungkan terlebih dahulu berat semen yang akan digunakan dan dihitung secara terpisah. Dan volume yang akan dihitung harus dikonversikan kedalam Kg.

### Carbon Footprint Dari Transportasi Semen

Transportasi menjadi salah satu kegiatan yang perlu mendapat perhatian adalah bagaimana perusahaan mengelola konsumsi bahan bakar mereka untuk mengurangi emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam kegiatan transportasi dan logistik. (Mubarak & Rahman, 2020). Menurut EPA (*United States Environmental Protection Agency*), sektor transportasi menyumbang sebesar 27% dari *carbon footprint* total di seluruh dunia. Sektor transportasi bertanggung jawab atas sebagian besar emisi gas rumah kaca. Emisi gas rumah kaca dari transportasi terutama berasal dari bahan bakar fosil yang diakibatkan oleh mobil, truk, kapal, kereta api, pesawat dan lain sebagainya. Lebih dari 90% bahan bakar yang digunakan dalam transportasi berbasis minyak bumi, terutama termasuk bensin dan solar.

Perhitungan emisi gas CO<sub>2</sub> pada transportasi mengacu pada IPCC *Guidline* seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Perhitungan emisi gas CO<sub>2</sub> dengan cara mengkonversi konsumsi bahan bakar yang dipakai dari alat transportasi yang digunakan. Mengkonversi dengan data dan Tabel 2 sebagai berikut:

$$Emisi CO_2(Kg) = Unit \times KgCO_2 \quad (8)$$

Dengan:

$$Unit \text{ BBM } (L) = \frac{Jarak \text{ Transportasi}}{Rasio \text{ BBM } / 1 \text{ Liter}} \quad (9)$$

Dengan Unit = dilihat pada Tabel 2 (L), Jarak Transportasi = pengukuran jarak dari quarry sampai ke proyek rumah (Km), Rasio BBM/1L = dilihat pada Tabel 3 dan KgCO<sub>2</sub> = Faktor emisi gas CO<sub>2</sub> pada Tabel 2

Tabel 2. Faktor Emisi dari UK tahun 2021

<i>Fuel</i>	<i>Unit</i>	<b>Kg CO<sub>2</sub></b>
<i>Diesel (average biofuel blend)</i>	<i>Tonnes</i>	2.969,07
	<i>Liters</i>	2,51233
	<i>Kwh (Net CV)</i>	0,25165
	<i>Kwh (Gross Cv)</i>	0,23686
<i>Diesel (100% mineral diesel)</i>	<i>Tonnes</i>	3.208,76
	<i>Liters</i>	2,70553
	<i>Kwh (Net CV)</i>	0,26955
	<i>Kwh (Gross Cv)</i>	0,25338
<i>Fuel Oil</i>	<i>Tonnes</i>	3.229,2
	<i>Liters</i>	3,17522
	<i>Kwh (Net CV)</i>	0,28527
	<i>Kwh (Gross Cv)</i>	0,26815
<i>Gas Oil</i>	<i>Tonnes</i>	3.230,28
	<i>Liters</i>	2,75857
	<i>Kwh (Net CV)</i>	0,27318
	<i>Kwh (Gross Cv)</i>	0,25679
<i>Lubricants</i>	<i>Tonnes</i>	3.181,43
	<i>Liters</i>	2,74972
	<i>Kwh (Net CV)</i>	0,28105
	<i>Kwh (Gross Cv)</i>	0,26418

Tabel 3. Acuan Rasio BBM Per Jenis Truck dari *Indonesian Trucking Association*

No.	Jenis Truck	Kapasitas Truck		Rasio BBM/ 1 Liter Solar	
		m <sup>3</sup>	Ton	Usia Truck (0-2 Th.)	Usia Truck Diatas 3 Th.
1.	Truck Engkel 100PS - 110PS (4x2)	6	2	7,5 Km	6,5 Km
2.	Truck Double 6 ban 110PS - 130PS (4x2)	12	5	6 Km	5 Km
3.	Truck Double 6 ban 110PS - 130PS (6x2)	18	8	5 Km	4,5 Km
4.	Truck Engkel 190PS - 235PS (4x2)	25	8	4 Km	3,5 Km
5.	Truck Engkel 190PS - 235PS (4x2)	30	10	3,5 Km	3 Km
6.	Truck Tronton 235PS - 260PS (6x2)	35	15	3 Km	2,8 Km
7.	Truck Tronton 235PS - 260PS (6x4)	45	20	2,8 Km	2,5 Km
8.	Truck Tronton 235PS - 260PS (6x2)	25	25	2,5 Km	2,2 Km
9.	HT Engkel 235PS - 260PS (4x2)	-	25	2,8 Km	2,5 Km
10.	HT Engkel 235PS - 260PS (6x2)	-	25	2,8 Km	2,5 Km
11.	HT Tronton 260PS (6x4)	-	40	2,2 Km	2 Km
12.	HT Tronton 320PS - 330PS (6x4)	-	45	2 Km	1,8 Km

## 2. METODE PENELITIAN

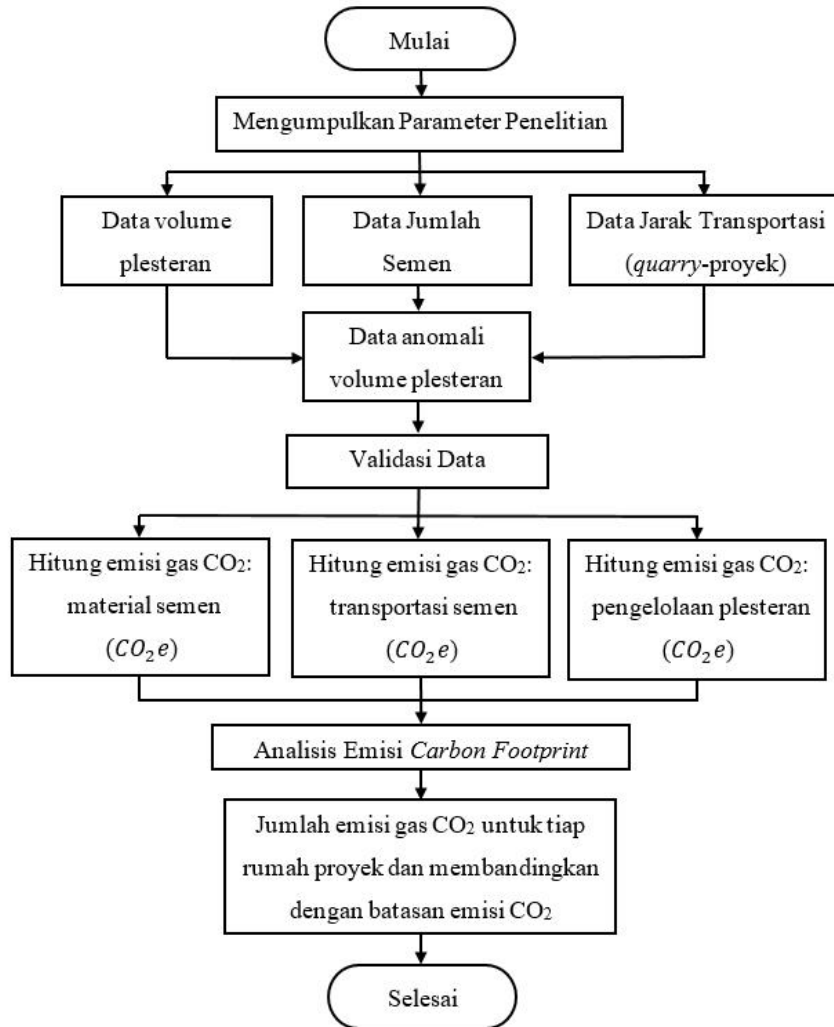
### Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan, melakukan peninjauan 5 proyek rumah tinggal. Peninjauan *carbon footprint* semen dilakukan dengan cara menghitung banyaknya hasil gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses pembuatan

plesteran dinding rumah tinggal. Proses pengelolaan semen mulai dari pembuatan semen, transportasi semen dan proses pengelolaan semen menjadi plesteran dinding. Data dan peninjauan proyek rumah tinggal dilakukan di Sunter Jakarta Utara.

### Diagram alir

Adapun diagram alir penelitian terdapat pada gambar 1



Gambar 1. Diagram alir penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data Penelitian

Pada pengumpulan data penelitian 5 proyek rumah tinggal terdapat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Data Penelitian pada Proyek Rumah

No. Proyek Rumah	Panjang Rumah (m)	Lebar Rumah (m)	Perbandingan semen dan pasir	Tipe semen
Proyek Rumah 1	26	12	1PC : 5PP	OPC TIPE I
Proyek Rumah 2	19,1	14,5	1PC : 6PP	OPC TIPE I
Proyek Rumah 3	22	18	1PC : 5PP	OPC TIPE I
Proyek Rumah 4	18	10	1PC : 5PP	OPC TIPE I
Proyek Rumah 5	19	16	1PC : 6PP	OPC TIPE I

OPC: *Ordinary Portland Cement*

### Data Parameter Penelitian

Data dan peninjauan proyek rumah tinggal yang dilakukan di Sunter Jakarta Utara terdapat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Data Volume Plesteran, Berat Semen dan Jarak *Quarry* - Proyek

No. Proyek Rumah	Volume Plesteran Semen (m <sup>3</sup> )	Berat Semen (Kg)	Jarak Quarry-Proyek (Km)
Proyek Rumah 1	78,4755	27100,2206	2,8
Proyek Rumah 2	60,7689	17906,5927	3
Proyek Rumah 3	40,4985	13985,4854	1,5
Proyek Rumah 4	41,3387	14275,6621	1,8
Proyek Rumah 5	27,5061	8105,13139	2,5

### Carbon Footprint Plesteran dari Material Semen

Data *carbon footprint* dari peninjauan proyek rumah 1, rumah 2, rumah 3, rumah 4 dan rumah 5 yang dilakukan di Sunter Jakarta Utara, menurut pembuatan material semen terdapat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. *Carbon Footprint* Material Semen

No. Proyek Rumah	Emisi CO <sub>2</sub> Plesteran dari Material Semen (Ton)
Proyek Rumah 1	12,4010
Proyek Rumah 2	8,1940
Proyek Rumah 3	6,3997
Proyek Rumah 4	6,5325
Proyek Rumah 5	3,7089

### Carbon Footprint Plesteran dari Pengelolaan Semen

Data *carbon footprint* dari peninjauan proyek rumah 1, rumah 2, rumah 3, rumah 4 dan rumah 5 yang dilakukan di Sunter Jakarta Utara, menurut pengelolaan semen terdapat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. *Carbon Footprint* Pengelolaan Plesteran Semen

No. Proyek Rumah	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton) Plesteran dari Pengelolaan Semen
Proyek Rumah 1	22,4931
Proyek Rumah 2	14,8624
Proyek Rumah 3	11,6079
Proyek Rumah 4	11,8487
Proyek Rumah 5	6,72725

### Carbon Footprint Plesteran dari Transportasi Semen

Data *carbon footprint* dari peninjauan proyek rumah 1, rumah 2, rumah 3, rumah 4 dan rumah 5 yang dilakukan di Sunter Jakarta Utara, menurut transportasi semen terdapat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. *Carbon Footprint* Transportasi Semen

No. Proyek Rumah	Emisi CO <sub>2</sub> (Ton) Plesteran dari Transportasi Semen
Proyek Rumah 1	12,4010
Proyek Rumah 2	8,1940
Proyek Rumah 3	6,3997
Proyek Rumah 4	6,5325
Proyek Rumah 5	3,7089

### Analisis *Carbon Footprint* Plesteran Gabungan

Data *carbon footprint* dari peninjauan proyek rumah 1, rumah 2, rumah 3, rumah 4 dan rumah 5 yang dilakukan di Sunter Jakarta Utara, secara gabungan dari pembuatan material semen, dari pengelolaan semen sampai dengan transportasi semen terdapat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. *Carbon Footprint* gabungan (material semen, pengelolaan plesteran dan transportasi semen)

No. Proyek Rumah	<i>Carbon footprint</i> tanpa penyimpangan (Ton)	<i>Carbon footprint</i> dengan penyimpangan (Ton)	persen penyimpangan (%)
Proyek Rumah 1	33,3882	34,9093	4,5558
Proyek Rumah 2	22,8743	23,0669	0,8421
Proyek Rumah 3	17,2565	18,0117	4,3764
Proyek Rumah 4	18,2078	18,3869	0,9836
Proyek Rumah 5	9,99270	10,4409	4,4862

Sesuai dengan latar belakang dan tujuan dalam analisis *carbon footprint* plesteran gabungan tanpa memperhitungkan penyimpangan tebal plesteran yang tidak boleh melebihi 0,005 Ton/m<sup>3</sup> sesuai dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2021 terdapat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10 Emisi CO<sub>2</sub> Ton/m<sup>3</sup> (dalam volume rumah) tanpa penyimpangan tebal plesteran

No. Proyek Rumah	Emisi CO <sub>2</sub> Ton/m <sup>3</sup> (dalam volume rumah)	CEK ( $\leq 0,005$ )
Proyek Rumah 1	0,00669	NOT OK
Proyek Rumah 2	0,00802	NOT OK
Proyek Rumah 3	0,00302	OK
Proyek Rumah 4	0,00546	NOT OK
Proyek Rumah 5	0,00301	OK

Sesuai dengan latar belakang dan tujuan dalam analisis *carbon footprint* plesteran gabungan dengan memperhitungkan penyimpangan tebal plesteran yang tidak boleh melebihi 0,005 Ton/m<sup>3</sup> sesuai dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2021 terdapat pada Tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 11. Emisi CO<sub>2</sub> Ton/m<sup>3</sup> (dalam volume rumah) dengan penyimpangan tebal plesteran

No. Proyek Rumah	Emisi CO <sub>2</sub> Ton/m <sup>3</sup> (dalam volume rumah)	CEK ( $\leq 0,005$ )
Proyek Rumah 1	0,00699	NOT OK
Proyek Rumah 2	0,00808	NOT OK
Proyek Rumah 3	0,00316	OK
Proyek Rumah 4	0,00552	NOT OK
Proyek Rumah 5	0,00315	OK

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Nilai *carbon footprint* yang dihasilkan oleh semen dengan tidak adanya penyimpangan dan dengan adanya penyimpangan tebal plesteran memiliki nilai yang berbeda. Pada pekerjaan plesteran semen tanpa adanya penyimpangan tebal plesteran dihasilkan 0,005242 Ton/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk pekerjaan plesteran semen dengan adanya penyimpangan tebal plesteran dihasilkan 0,005381 Ton/m<sup>3</sup>.
2. Dari 5 rumah yang diuji, terdapat 2 rumah (rumah 3 dan rumah 5) yang memenuhi standar emisi gas CO<sub>2</sub> sesuai peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2021 dengan nilai ambang batas CO<sub>2</sub>



- yang diperbolehkan adalah sebesar 5.000 ppm. (0,005Ton/m<sup>3</sup>). Untuk ketiga rumah lainnya (rumah 1, rumah 2 dan rumah 4) tidak memenuhi standar nilai dari ambang batas emisi CO<sub>2</sub> yang diizinkan.
3. *Setting out* (pengukuran dan pematokan di lapangan) yang dilakukan kurang baik, sehingga mengakibatkan penyimpangan tebal plesteran pada ptoyek rumah tinggal, oleh karena itu *carbon footprint* pekerjaan plesteran menjadi kurang baik nilai rata-rata *carbon footprint* pada ke-lima rumah proyek di Sunter, Jakarta Utara adalah sebesar 20,9632 Ton dengan persen rata-rata penyimpangan sebesar 3,04887 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, S. K. (2021). Analisis Konsumsi Embodied Energy dan Embodied Carbon pada Material Bangunan Rumah Sederhana Tipe 36. *Jurnal Teknik Vol. 42 No. 2*, 160-168.
- abara, W. K., Nasirudin, & Sriwinarno, H. (2018). Identifikasi dan Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint ) Dari Penggunaan Listrik di Institut Teknologi Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Vol.8 No. 2*, 1-9.
- Ahmed, E. B. (2020). Testing the Effect of Building Materials on Carbon Footprints. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI) Vol.9*, 35-41.
- Hanafiah, Y. (2019). *Analisis Material Waste Pada Pekerjaan Plesteran Dinding [Skripsi yang dipublikasikan]*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Hardiningtyas, P. R. (2016). Masalah Tanah dan Krisis Lingkungan di Bali dalam Antologi Puisi Dongeng Dari Utara Karya Made Adnyana Ole. *Jurnal ATAVISME, Vol. 19, No. 1*, 45-59.
- Hoekstra, A. Y., & Ercin, A. E. (2012). *Carbon And Water Footprint*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Labaran, Y. H., Mathur, V. S., & Farouq, M. M. (2021). The carbon footprint of construction industry: A review of direct and indirect emission. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies Vol.6*, 101-115.
- Lapenangga, A. (2016). *Perhitungan Jejak Karbon Bangunan Rumah Tinggal Tipe 45 M2 di Kota Kupang*. Jogjakarta: Universitas Atma Jaya .
- Meidianti, E. N. (2014). *Pengaruh Penggunaan Masker Terhadap Keluhan Subjektif Tenaga Kerja Pengrajin Batu Alam di Desa Muncan Karangasem Tahun 2014*. Denpasar: Politeknik Kesehatan Denpasar.
- Mindess, S., Francis, J. Y., & Darwin, D. (1989). *Concrete Second Edition*. California: Prentice Hall, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River.
- Mubarak, A., & Rahman, I. (2020). A Comparative Analysis of Carbon Emissions from Transportation and Logistics of the Consumer Goods Industry in Southeast Asia. *International Journal of Technology Vol.11 No.2*, 333-341.
- Nugrahardani, A., Jatmiko, I., Wibowo, A. M., & Budienny, H. (2017). Evaluasi Material Waste Dan Carbon Footprint Pada Penerapan Green Construction. *Jurnal Karya Teknik Sipil Vol 6 no.1*, 375- 384.
- Postnote. (2006). Carbon footprint of electricity generation. *Parliamentary Office of Science and Technology*, 1-4.
- Worrell, E., Price, L., Martin, N., Hendriks, C., & Meida, L. O. (2001). Carbon Dioxide Emissions From The Global Cement Industry. *Annu. Rev. Energy Environ Journal*, 303-329.
- Zainordin, N., & Zahra, D. B. (2020). Factors Contributing to Carbon Emission in Construction Activity. *Advances in Engineering Research Journal Vol.200*, 176-182.

