

# ANALISIS EMISI KARBON RUMAH TIPE-45 DI KOTA PALANGKARAYA DENGAN SINGLE-SUBJECT EXPERIMENTAL

**Aria ZADP, LMF Purwanto**

Program Studi Doktor Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, UNIKA Soegijapranata Semarang  
Jl Pawiyatan Luhur IV/1, Bendan Duwur, Semarang – 50234, Indonesia  
Email: [ariazabdi@gmail.com](mailto:ariazabdi@gmail.com)

**Abstraksi:** Karbon adalah salah satu penyumbang Gas Rumah Kaca (GHG/Green-house Gases) yang signifikan. Peningkatan jumlah karbon di udara menyebabkan peningkatan suhu global dan perubahan iklim yang terjadi. Industri adalah salah satu penyumbang emisi karbon terbesar, termasuk di dalamnya industri perumahan yang menghasilkan emisi karbon yang besar mulai dari tahapan pra-konstruksi, konstruksi hingga pasca-konstruksi. Rumah tipe-45 merupakan tipikal rumah cukup diminati di Kota Palangka Raya. Lahan gambut merupakan salah satu penyimpan karbon terbesar di dunia. Kebutuhan perumahan di Kota Palangka Raya sebagian besar mengalihfungsikan lahan gambut menjadi permukiman. Proses pengeringan lahan gambut melepaskan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer. Penelusuran literatur, pengamatan lapangan dan analisis perhitungan pada subyek tunggal dilakukan dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa emisi karbon selama proses pra konstruksi sebesar 13,33 kgCO<sub>2</sub> atau sebesar 0,05 %, emisi konversi lahan gambut sebesar 1.182,50 kgCO<sub>2</sub> atau sebesar 2,54% emisi karbon selama tahapan konstruksi adalah 22.179,01 kgCO<sub>2</sub> atau sebesar 92,24 %, dan emisi karbon dalam tahapan pasca-konstruksi adalah sebesar 2413,47 kgCO<sub>2</sub> atau sebesar 5,19 %. Setelah penggunaan bangunan selama 25 tahun, terjadi perubahan proporsi emisi karbon secara signifikan pada tahapan konstruksi (menjadi 41,08%) dan pasca konstruksi (menjadi 57,78%).

**Kata kunci:** jejak karbon, emisi karbon, rumah tipe 45, konversi lahan gambut, perubahan iklim

**Title:** *Analysis of Carbon Emissions for Type-45 Houses in Palangkaraya City with Single-Subject Experimental*

**Abstract:** Carbon is a significant contributor to Greenhouse Gases (GHG). The increase of carbon concentration in the air causes an increase in global temperature and promoting climate change. The industry is one of the most significant contributors to carbon emissions, including the housing industry, which produces significant carbon emissions from pre-construction to post-construction stages. The type-45 house is a typical house that is quite popular in Palangka Raya City. Peatlands are one of the largest carbon stores in the world. Most of the housing needs in Palangka Raya City have converted peatlands into settlements. The process of draining peatlands releases large amounts of carbon into the atmosphere. Literature search, field observation, and calculation analysis on a single subject were carried out in this study. In this study, the results showed that carbon emissions during the pre-construction process were 13.33 kgCO<sub>2</sub> or 0.05%, peatland conversion emissions were 1,182.50 kgCO<sub>2</sub> or 2.54% carbon emissions during the construction stage were 22,179.01 kgCO<sub>2</sub> or amounted to 92.24%, and carbon emissions in the post-construction stage amounted to 2413.47 kgCO<sub>2</sub> or 5.19%. After using the building for 25 years, there was a significant change in the proportion of carbon emissions at the construction stage (to 41.08%) and post-construction (to 57.78%).

**Keywords:** carbon footprint, carbon emission, type-45 house, peatland conversion, climate change

## PENDAHULUAN

Dalam tiga dasawarsa terakhir emisi karbon meningkat hingga 42% (Indicators et al., 2016). Konstruksi bertanggung jawab terhadap 33-40%

emisi karbon global (Hammond & Jones, 2011) (Peng, 2016). Pada tahun 2015 diselenggarakan COP21 di Paris, Perancis, dalam rangka membahas langkah nyata menghadapi

perubahan iklim selepas tahun 2020. Hingga saat ini di Indonesia belum ada langkah nyata dalam menghadapi perubahan iklim, termasuk dalam industri konstruksi. Di sisi lain kebutuhan perumahan secara umum mengalami peningkatan pesat, seperti yang terjadi di Kalimantan Tengah, dalam kurun waktu 5 (lima) tahun tercatat 8.621 rumah tersalurkan melalui pembiayaan Bank Tabungan Negara (BTN) dalam periode 2011-2015 dan diproyeksikan terus mengalami peningkatan (Kalteng BPS, 2018).

Peningkatan pesat perumahan di Kota Palangka Raya sebagian besar dilakukan dengan mengalihfungsikan lahan gambut menjadi lahan siap bangun melalui serangkaian proses pemadatan dan pengurugan. Selain itu minimnya industri bahan bangunan yang ada di Kalimantan membuat mayoritas bahan bangunan disuplai dari Pulau Jawa.

Penelitian ini bertujuan memahami secara detail komposisi dari emisi karbon yang dihasilkan oleh rumah tinggal melalui *breakdown* pada tiap tahapan konstruksi. Dengan memahami komponen yang terlibat diharapkan emisi karbon dapat dikendalikan dan direduksi dari tiap tahapan konstruksi.

### Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca (*Greenhouse Gases*) adalah gas yang memerangkap radiasi inframerah yang dipancarkan matahari pada atmosfer bumi sehingga tidak dapat kembali memantul ke angkasa (Kweku et al., 2018). Beberapa contoh gas rumah kaca antara lain adalah uap air ( $H_2O$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), metana ( $CH_4$ ), nitrogen oksida ( $NO_x$ ), dan hidrofluorokarbon (HFC). Gas rumah kaca dapat terjadi secara alami maupun diproduksi oleh aktivitas manusia. Konsentrasi karbon di atmosfer saat ini telah meningkat 36-40% sejak tahun 1750 atau awal revolusi industri, yaitu 280ppm menjadi 400pp saat ini (Harmouche et al., 2012; Kweku et al., 2018).

Karbon pada karbon dioksida maupun senyawa lain antara lain dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar, dan bahan lain dalam rangka memenuhi kebutuhan manusia, baik transportasi, kebutuhan akan energi listrik dalam setiap aspek, seperti dalam proses produksi, konsumsi listrik harian, dan sebagainya.

Peningkatan konsentrasi  $CO_2$  di atmosfer menyebabkan perubahan iklim atau yang dikenal dengan pemanasan global yang sampai saat ini telah menghangatkan temperatur bumi sebesar  $1.13^\circ C$  sejak abad-19 yang lalu. Konsentrasi  $CO_2$  saat ini adalah yang tertinggi sejak 800.000 tahun terakhir. Berbeda dengan fluktuasi konsentrasi  $CO_2$  ribuan tahun lalu yang diakibatkan oleh aktivitas alam, peningkatan  $CO_2$  dewasa ini 95% dipicu oleh aktivitas manusia. Peningkatan temperatur bumi membawa serentetan akibat yang menyertai, mulai dari menipisnya lapisan es di kutub, meningginya permukaan air laut, hilangnya sumber-sumber mata air, meningkatnya keasaman (acidity) samudera, hingga munculnya berbagai peristiwa iklim yang ekstrim. Oleh karena itu, emisi karbon yang dihasilkan dari aktivitas konstruksi sudah selayaknya mulai mendapatkan perhatian lebih untuk meminimalkan dampak lingkungan.

### Lahan Gambut sebagai Penyimpan Karbon

Gambut adalah lahan basah yang kaya materi organik dan terbentuk dari akumulasi pembusukan bahan-bahan organik selama ribuan tahun. Luas lahan gambut hanya sekitar 3% dari luas total daratan di dunia, tetapi menyimpan 30% dari total karbon yang tersimpan dalam tanah di seluruh daratan. Karbon yang terkandung dalam gambut dapat terlepas ke udara saat lahan gambut dikeringkan atau dialihfungsikan. Saat dialihfungsikan menjadi lahan permukiman, lahan gambut mengalami proses pemadatan sehingga terjadi proses subsiden (penurunan permukaan lahan). Hal ini menyebabkan gambut kehilangan kemampuan menyimpan air (Dariah et al., 2013). Lahan gambut yang semua jenuh air dan anaerob, kini menjadi lebih kaya oksigen sehingga mikroba dekomposer (pembusuk) bekerja lebih aktif dan melepas karbon ke atmosfer (Hooijer et al., 2006).

Analisis WRI (World Resource Institute) menyebutkan bahwa pengeringan lahan gambut seluas satu hektar akan melepaskan sekitar 55 metrik ton  $CO_2$  setiap tahunnya (Harris & Sargent, 2016). Selain itu lahan yang kering sangat rentan terbakar, dan saat terbakar, api dapat menyebar hingga kedalaman 4 (empat) meter karena lahan gambut tidak terisi tanah padat melainkan penuh rongga akibat terbentuk dari ranting, rumput, dan berbagai sisa materi

organik lainnya. Kondisi tersebut mengakibatkan kebakaran pada lahan gambut sulit untuk dipadamkan.

**Faktor Emisi dan Jejak Karbon pada Bangunan**

Faktor emisi merupakan suatu koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi yang dihasilkan per unit aktivitas atau material. Dewasa ini banyak literatur memuat rujukan mengenai faktor emisi. Hal ini dapat dijadikan acuan bagi perancang untuk mengerti dampak lingkungan dalam setiap pengambilan keputusan perancangan, baik material maupun konstruksi.

Analisis jejak karbon atau *Carbon Footprint Analysis* pada bangunan dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan secara detail dari semua emisi karbon yang terkait secara langsung maupun tidak langsung mulai dari tahap perancangan hingga tahap penggunaan bangunan. Perhitungan tersebut dilakukan dengan menjumlahkan semua emisi karbon yang terkait dengan bangunan tersebut, mulai dari emisi karbon dalam tahap perancangan, emisi karbon dalam produksi material dan distribusinya, emisi karbon dalam proses konstruksi hingga emisi karbon dalam penggunaan bangunan. (Ammouri et al., 2011)

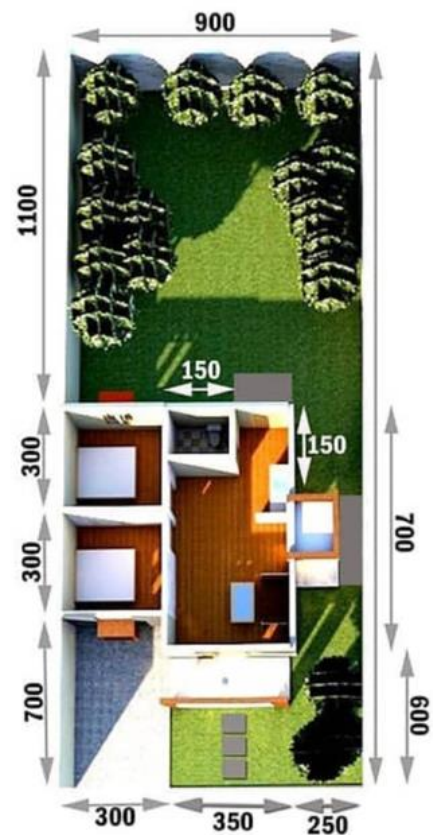
*Carbon Footprint Analysis* merupakan salah satu bagian dari *Life Cycle Assessment (LCA)* dimana LCA menghitung jejak karbon secara lengkap daur hidup bangunan, *from cradle to grave*, mulai dari tahap pembangunan, penggunaan bangunan, hingga pada saat penghancuran bangunan (*demolition*) (Cho & Chae, 2016). Yang membedakan CFA dari LCA adalah tidak diperhitungkannya tahapan penghancuran (*demolition*) bangunan.

Tiap negara atau daerah dapat memiliki perbedaan emisi karbon pada bangunan, yang disebabkan oleh berbagai hal seperti perbedaan iklim, peraturan bangunan, ketersediaan material, dan lain sebagainya. Oleh karena itu diperlukan perhitungan emisi karbon dari tiap-tiap daerah yang berbeda sehingga dapat diketahui faktor-faktor yang berperan signifikan dalam mengemisikan karbon, sehingga dapat diketahui langkah-langkah untuk meminimalkan emisi karbon pada bangunan.

**Rumah Tipe 45**

Tipe 45 merupakan salah satu tipe rumah yang banyak dikembangkan oleh pengembang perumahan di Kota Palangka Raya. Rumah tipe 45 yang menjadi objek penelitian terletak di Jalan Kalibata, Kelurahan Langkai, Kecamatan Pahandut, Kota Palangka Raya. Perumahan ini dikembangkan oleh PT Bonaventura Jaya Eterna, yang berkantor di Jalan Rajawali km3,5, Kelurahan Bukit Tunggal, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya. Jarak antara lokasi proyek dengan kantor adalah 9 kilometer.

**Gambar.1** Denah Rumah Tipe 45



Sumber: PT Bonaventura Jaya Eterna

Rumah yang diteliti memiliki 2 (dua) kamar tidur, 1 (satu) kamar mandi, 1 (satu) ruang multiguna, seperti denah tipikal rumah tipe 45 pada umumnya. Proses pengembangan atau pembangunan rumah ini membutuhkan waktu perancangan selama 1 hari, proses konstruksi selama 60 hari, termasuk di dalamnya proses pemadat lahan gambut.

**Gambar.2** Tampilan Rumah Tipe 45



Sumber: PT Bonaventura Jaya Eterna

### Penghuni dan Pola Aktivitas

Aktivitas dan jumlah penghuni rumah berpengaruh pada jumlah emisi karbon dalam tahapan penggunaan bangunan/pasca konstruksi. Pada bangunan yang diteliti, penghuni adalah sebuah keluarga kecil beranggotakan 4 orang.

### Rumusan Masalah

1. Faktor-faktor apa sajakah yang mempengaruhi emisi karbon pada rumah tipe-45 di Kota Palangka Raya?
2. Bagaimana upaya menurunkan emisi karbon berdasarkan faktor-faktor yang ditemukan?

### METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan penelusuran literatur, pengamatan lapangan, dan analisis perhitungan pada subjek tunggal (*single subject experimental*). Metode ini merupakan metode penelitian dengan subjek manusia maupun benda untuk memahami faktor-faktor yang berpengaruh atau kaitan antar faktor pada suatu subjek. Subjek tunggal yang dipilih merupakan subjek yang generik dan tipikal, sehingga diharapkan mampu mewakili memberikan gambaran mengenai jejak karbon pada hunian di kota Palangka Raya. Penelusuran literatur dilakukan untuk menemukan besaran emisi karbon atau faktor emisi (*Emission Factor / EF*) yang dihasilkan dalam tiap satuan aktivitas/pekerjaan atau material bangunan.

Pengamatan lapangan dilakukan untuk menemukan faktor-faktor yang berperan dalam emisi karbon dalam tiap tahapan, mulai dari tahap perancangan, tahap konstruksi hingga tahap penggunaan bangunan atau pasca

konstruksi. Analisis Jejak Karbon (*Carbon Footprint Analysis*) dilakukan dengan kalkulasi menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk menghitung setiap detail emisi karbon yang diproduksi dalam setiap tahapan. Setelah diketahui besaran emisi karbon dalam setiap tahapan, maka dapat dipetakan proporsi emisi karbon dalam tiap tahapan yang berguna untuk menentukan langkah-langkah yang dapat diambil untuk meminimalkan emisi karbon pada pengembangan rumah tipe-45 maupun tipe lain di masa mendatang. (WRAP, 2013)

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan kajian literatur mengenai emisi karbon pada bangunan.
2. Melengkapi data dan gambar kerja dari pengembang.
3. Menghitung Bill of Quantity (BOQ) sebagai dasar perhitungan volume.
4. Menghitung emisi karbon dari tiap tahapan, yaitu pra konstruksi, konversi gambut, konstruksi dan pasca konstruksi.
5. Melakukan analisis dari hasil perhitungan.

### PERHITUNGAN

Berdasarkan tahapannya, perhitungan emisi karbon dibagi sesuai dengan tahapan pengembangan rumah tipe-45 di Kota Palangka Raya, yaitu:

1. Emisi karbon tahap pra-konstruksi
2. Emisi karbon tahap konversi lahan gambut
3. Emisi karbon tahap konstruksi
4. Emisi karbon tahap penggunaan bangunan/pasca konstruksi

Dari proses tersebut didapat formula:

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{pre}} + C_{\text{konv}} + C_{\text{konst}} + C_{\text{ope}}$$

Dimana:

$C_{\text{tot}}$  : emisi karbon total

$C_{\text{pre}}$  : emisi karbon pra konstruksi

$C_{\text{konv}}$  : emisi karbon konversi lahan gambut

$C_{\text{konst}}$  : emisi karbon dari proses konstruksi

$C_{\text{ope}}$  : emisi karbon dari tahap penggunaan bangunan / operasional

Berdasarkan prosesnya, emisi karbon dihasilkan dari 5 (lima) proses mayor (Lapenangga & Satwiko, 2016), yaitu:

1. Emisi karbon dari peralatan listrik  
Emisi CO<sub>2</sub> peralatan listrik =  
EF.EC.T kgCO<sub>2</sub>  
Dimana:  
EF : Faktor Emisi  
(kgCO<sub>2</sub>/kWjam)  
EC : Konsumsi listrik (kW)  
T : Waktu memasak (jam)
2. Emisi karbon dari proses transportasi  
Emisi CO<sub>2</sub> transportasi =  
EF.FC.D kgCO<sub>2</sub>  
Dimana:  
EF : Faktor Emisi (kgCO<sub>2</sub>/liter)  
FC : Konsumsi bahan bakar  
(liter/km)  
D : Jarak tempuh (km)
3. Emisi karbon dari produksi material  
Emisi CO<sub>2</sub> material =  
EF.MV kgCO<sub>2</sub>  
Dimana:  
EF : Faktor Emisi (kgCO<sub>2</sub>/liter)  
MV : Volume material (liter)
4. Emisi karbon dari proses memasak  
Emisi CO<sub>2</sub> memasak =  
EF.MV.T kgCO<sub>2</sub>  
Dimana:  
EF : Faktor Emisi (kgCO<sub>2</sub>/liter)  
MV : Volume bahan bakar  
(liter/jam)  
T : Waktu memasak (jam)
5. Emisi karbon dari peralatan konstruksi  
Emisi CO<sub>2</sub> alat konstruksi =  
EF.FC.T kgCO<sub>2</sub>  
Dimana:  
EF : Faktor Emisi (kgCO<sub>2</sub>/liter)  
FC : Konsumsi bahan bakar  
(liter/jam)  
T : Waktu operasional alat  
(jam)

Nilai faktor emisi didapatkan dari buku referensi (Frick & Suskiyatno, 2007) dan (Hammond & Jones, 2011).

Emisi karbon pada tahap pra konstruksi terdiri dari beberapa aspek, mulai dari perancangan hingga survey lokasi. Pada tahapan ini diperhitungkan emisi karbon dari alat-alat elektrikal maupun sarana transportasi yang digunakan. Perangkat elektrikal yang digunakan dalam perancangan adalah laptop dan printer yang digunakan pada sebuah kantor dengan

pendingin ruang (AC). Alat transportasi yang digunakan untuk melakukan survey adalah mobil Nissan Juke.

Pada tahap konversi gambut, diperhitungkan luasan lahan yang dikonversi dikalikan dengan estimasi karbon yang diemisikan akibat perusakan gambut tiap hektarnya.

Emisi karbon pada tahapan konstruksi memiliki aspek perhitungan yang paling kompleks, mulai dari penggunaan peralatan yang menggunakan bahan bakar maupun listrik, mobilisasi alat, transportasi yang dipergunakan baik oleh tenaga konstruksi maupun pengawas dari dan menuju proyek, transportasi atau pengangkutan material, hingga kandungan karbon pada material bangunan. Alat-alat yang menggunakan daya listrik dalam proses konstruksi antara lain, mesin pompa air Panasonic, gerinda tangan Maktec MT90, bor tangan Makita 6412, circular saw Makita 5008MG, dan mesin amplas Makita BO3700. Tenaga konstruksi menggunakan alat transportasi sepeda motor dan tidak bermalam di lokasi proyek. Pada proyek ini tidak digunakan mesin pencampur beton (*concrete mixer*).

Untuk transportasi material digunakan *dump truck* dengan kapasitas 6m<sup>3</sup>, untuk memuat material alam seperti pasir, batu kerikil dan batu kali. Jarak tempuh antara lokasi penambangan material alam dan lokasi proyek adalah 12 km untuk material pasir, dan 22 km untuk material batu pasang dan batu kerikil. Mobil bak kecil (*pick-up*) dengan kapasitas 1,5m<sup>3</sup> digunakan untuk mensuplai material harian di lokasi proyek. Jarak antara *supplier* material dengan lokasi proyek adalah 4 km.

Untuk mengangkut material dari Surabaya menuju Banjarmasin digunakan kapal kargo, jarak tempuh antara Surabaya -Banjarmasin adalah 482 km atau 260 mil laut. Sedangkan untuk mengangkut material dari Banjarmasin menuju Palangka Raya digunakan truk kontainer. Jarak antara Pelabuhan Bandarmasih di Banjarmasin adalah 192,6 km. Kendaraan yang digunakan untuk pengawasan adalah mobil Nissan Juke, yang digunakan setiap hari dari kantor menuju proyek, sejauh 9 km.

Sedangkan pada tahap pasca konstruksi, emisi karbon merupakan akumulasi dari penggunaan peralatan listrik (penerangan, penghawaan, maupun perangkat lainnya),

transportasi penghuni rumah, hingga bahan bakar yang digunakan dalam proses memasak.

Beberapa limitasi dari penelitian ini antara lain:

1. Spesifik pada kondisi Kota Palangka Raya.
2. Pola aktivitas pengguna rumah spesifik dan dipersepsikan sama dalam jangka waktu perhitungan (selama tahun-1 hingga tahun-25).
3. Kondisi bangunan standar dan tidak dilakukan modifikasi atau perbaikan dalam jangka waktu yang dihitung.
4. Pengangkutan material ke lokasi proyek diasumsikan sesuai dengan kapasitas maksimal mobil bak terbuka (*pick-up*)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 – 4 menunjukkan detail komponen emisi karbon tiap tahapan konstruksi. Pada tabel 1, emisi karbon pada tahapan pra konstruksi di dominasi oleh emisi yang dihasilkan dari transportasi. Pada konversi gambut, lahan gambut yang dialihfungsikan menjadi permukiman tidak mengalami proses pengeringan (dengan pembuatan kanal-kanal untuk pengeringan) tetapi mengalami proses pemadatan dengan pengurugan pada lahan gambut. Perhitungan emisi pada konversi lahan gambut diperhitungkan untuk luasan lahan seluas 215m<sup>2</sup>, sesuai dengan luas kapling pada unit rumah yang diteliti.

Pada tahap konstruksi emisi karbon terbesar dihasilkan oleh kandungan karbon dalam material (*embodied carbon*) yang mencapai 93,41%. Oleh karena itu, pemilihan material konstruksi yang memiliki kandungan karbon rendah dapat berperan menurunkan emisi karbon pada masa konstruksi secara signifikan. Pada perhitungan, material yang menyumbang karbon terbesar adalah material semen atau yang memiliki kandungan semen, dan baja ringan.

Tahap pasca konstruksi, emisi karbon terbesar dihasilkan dari transportasi penghuni rumah, yang mencapai 61,54%. Tabel 5 menunjukkan proporsi emisi karbon pada tiap tahapan konstruksi sampai dengan tahun pertama. Dari tabel.5 dan gambar.6, terlihat bahwa emisi karbon pada tahapan konstruksi mendominasi emisi karbon pada tahun pertama bangunan hingga 92,24%.

Dengan asumsi masa pakai rumah selama 25 tahun, pada perhitungan emisi karbon yang dilakukan mengalami perubahan proporsi emisi karbon secara signifikan. Emisi karbon konstruksi yang pada awal mendominasi dengan 92,24% menjadi 41,08%. Dan emisi karbon pasca konstruksi yang semula 5,19% meningkat menjadi 57,78% (dapat dilihat pada tabel.6 dan gambar.7)

**Tabel.1** Emisi karbon tahap pra-konstruksi

Item	Emisi CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	Persentase
Elektronik	3,10	23,25%
Transportasi	10,23	76,76%
<b>Jumlah</b>	<b>13,30</b>	<b>100%</b>

Sumber: Analisis penulis

**Tabel.2** Emisi karbon konversi gambut

Item	Emisi CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	Persentase
Konversi Gambut	1.182,50	100%
<b>Jumlah</b>	<b>1.182,50</b>	<b>100%</b>

Sumber: Analisis penulis

**Tabel.3** Emisi karbon tahap konstruksi

Item	Emisi CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	Persentase
Alat Diesel	0,00	0,00%
Mobilisasi	0,00	0,00%
Alat Listrik	16,92	0,08%
Transp. Tng	22,17	0,10%
Transp. Pengawas	613,85	2,77%
Transp. Material	808,91	3,65%
Material	20.717,18	93,41%
<b>Jumlah</b>	<b>22.179,01</b>	<b>100%</b>

Sumber: Analisis penulis

**Tabel.4** Emisi karbon tahap pasca konstruksi

Item	Emisi CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	Persentase
Elektronik	794,20	30,18%
Transportasi	1.619,28	61,54%
B.Bakar Gas	217,69	8,27%
<b>Jumlah</b>	<b>2.413,47</b>	<b>100%</b>

Sumber: Analisis penulis

**Tabel.5** Proporsi emisi karbon dalam rumah tipe-45

Tahapan	Emisi CO2 (kgCO2)	Persentase
Pra Konstruksi	13,33	0,03%
Konv. Gambut	1.182,50	2,54%
Konstruksi	42.896,19	92,24%
Pasca Konstruksi	2.413,47	5,19%
<b>Jumlah</b>	<b>46.505,49</b>	<b>100%</b>

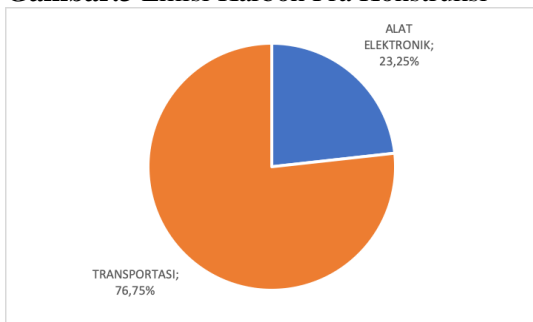
Sumber: Analisis penulis

**Tabel.6** Proporsi emisi karbon dalam rumah tipe-45 sampai tahun ke-25

Tahapan	Emisi CO2 (kgCO2)	Persentase
Pra Konstruksi	13,33	0,01%
Konv. Gambut	1.182,50	1,13%
Konstruksi	42.896,19	41,08%
Pasca Konstruksi	60.336,87	57,78%
<b>Jumlah</b>	<b>46.505,49</b>	<b>100%</b>

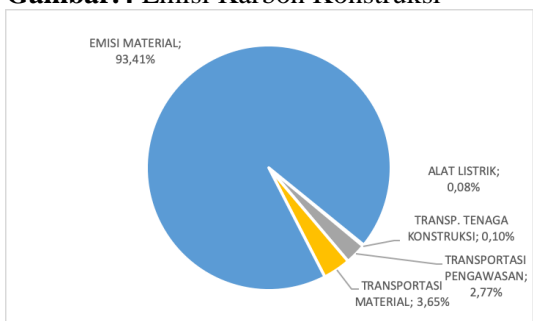
Sumber: Analisis penulis

**Gambar.3** Emisi Karbon Pra Konstruksi



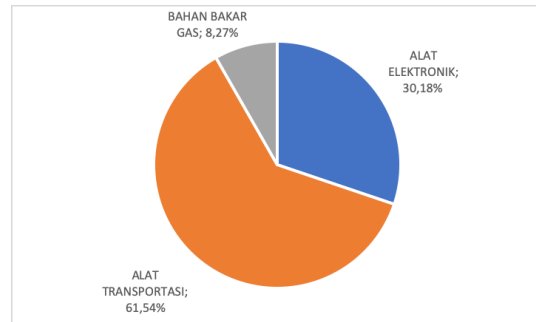
Sumber: Analisis penulis

**Gambar.4** Emisi Karbon Konstruksi



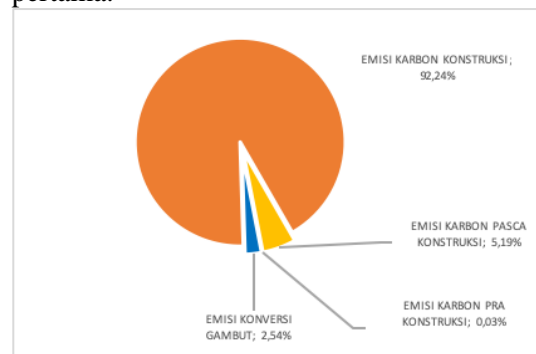
Sumber: Analisis penulis

**Gambar.5** Emisi Karbon Pasca Konstruksi



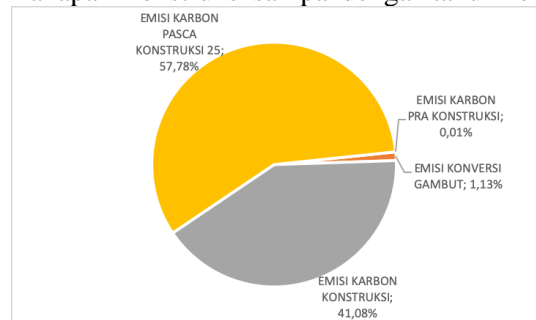
Sumber: Analisis penulis

**Gambar.6** Proporsi Emisi Karbon Tiap Tahapan Konstruksi sampai dengan tahun pertama.



Sumber: Analisis penulis

**Gambar.7** Proporsi Emisi Karbon Tiap Tahapan Konstruksi sampai dengan tahun ke-25.



Sumber: Analisis penulis

**KESIMPULAN**

Emisi karbon rumah tipe-45 di Kota Palangka Raya dipengaruhi oleh 4 (empat) hal yaitu emisi pada tahapan pra konstruksi, emisi konversi lahan gambut, emisi tahapan konstruksi dan emisi pasca konstruksi (penggunaan bangunan).

Proporsi emisi karbon dalam tiap tahap pengembangan rumah tipe-45 sampai tahun pertama di Kota Palangka Raya menunjukkan bahwa tahap konstruksi menyumbang emisi

karbon dari keseluruhan tahapan dengan angka 92,24%. Seperti pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan, sebagian besar emisi karbon pada konstruksi ada pada material, sehingga pengurangan emisi karbon pada rumah tipe-45 di Kota Palangka Raya dapat dilakukan dengan mengoptimalkan penggunaan material sehingga mengurangi limbah, pemanfaatan material dengan kandungan karbon rendah (*low-embodied materials*), penggunaan material daur ulang (misal penggunaan *fly-ash*/abu terbang sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik sebagai bahan baku semen – membutuhkan penelitian lebih lanjut).

Setelah masa pakai bangunan selama 25 tahun, proporsi emisi karbon berubah signifikan (bandingkan Gambar.6 dan Gambar.7). Emisi karbon pasca konstruksi mendominasi dengan 57,78% dari total emisi karbon. Oleh karena itu, untuk mengurangi emisi karbon pasca konstruksi yang berpengaruh signifikan pada emisi karbon total selama 25 tahun, dilakukan dengan pola hidup sadar energi, yang menggunakan energi secara bijak dan optimal.

#### ***Ucapan Terima Kasih***

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT Bonaventura Jaya Eterna – Palangka Raya yang bersedia memberikan data-data yang diperlukan untuk penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ammouri, A., Srour, I., & Hamade, R. F. (2011). Carbon Footprint Calculator for Construction Projects (CFCCP). *Advances in Sustainable Manufacturing, January*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20183-7>
- Cho, S. H., & Chae, C. U. (2016). A study on life cycle CO<sub>2</sub> emissions of low-carbon building in South Korea. *Sustainability (Switzerland)*, 8(6), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su8060579>
- Dariah, A., Maftuah, E., & Maswar. (2013). Karakteristik Lahan Gambut. *Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi*, 16–29.
- Frick, H., & Suskiyatno, B. (2007). *Dasar-dasar arsitektur ekologis* (Vol. 1). Kanisius.
- Hammond, G., & Jones, C. (2011). A BSRIA Guide. Embodied Carbon: The Inventory of Carbon and Energy. *Ice*, 136. <http://www.ihsti.com/temping/57c152b-ENVIRO2042201160372.pdf%0Awww.bat h.ac.uk/mech-eng/sert/embodied%0A>
- Harmouche, N., Ammouri, A., Srour, I., Chehab, G., & Hamade, R. (2012). Developing a carbon footprint calculator for construction buildings. *Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World, Proceedings of the 2012 Construction Research Congress, May*, 1689–1699. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.170>
- Harris, N., & Sargent, S. (2016). Destruction of Tropical Peatland is An Overlooked Source of Emissions. *World Resources Institute*.
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., Page, S., Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., & Page, S. (2006). PEAT-CO<sub>2</sub>, Assessment of CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in SE Asia. *Delft Hydraulics Report Q3943 (2006), January*, 36.
- Indicators, C. C., States, U., Greenhouse, G., Emissions, G., August, U., Concentrations, A., Gases, G., States, U., Emissions, G. G., Nations, U., Convention, F., Change, C., Analysis, C., Tool, I., & Nations, U. (2016). *Global Greenhouse Gas Emissions. August*, 1–6.
- Kalteng BPS. (2018). *Realisasi Penjualan Rumah yang Dibangun Perum Perumnas dan Pengembang Swasta Melalui KPR BTN Cabang Palangka Raya menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Kalimantan Tengah, 2016*.
- Kweku, D., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K., Danso, K., Oti-Mensah, E., Quachie, A., & Adormaa, B. (2018). Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. *Journal of Scientific Research and Reports*, 17(6), 1–9. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2017/39630>
- Lapenangga, A., & Satwiko, P. (2016). Carbon Footprint Analysis of a T-45 House in Kupang. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, 43(2), 77–84. <https://doi.org/10.9744/dimensi.43.2.77-84>



Peng, C. (2016). Calculation of a building's life cycle carbon emissions based on Ecotect and building information modeling. *Journal of Cleaner Production*, 112, 453–465.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.078>

WRAP. (2013). *Cutting embodied carbon in construction projects*. 9.

[http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/FINAL PRO095-009\\_Embodied\\_Carbon\\_Annex.pdf](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/FINAL%20PRO095-009_Embodied_Carbon_Annex.pdf)