

Implementasi *Life Cycle Assessment* (LCA) Pada Pemilihan Perkerasan Kaku dan Lentur Kontruksi Jalan Tol Balikpapan - Samarinda

Wawarisa Alnu Fistcar^{1,*}

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: wawarisaf@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	11 Oktober 2019	<p><i>The growth of the construction sector is one of the triggers of the emissions problem, the construction sector also contributes to energy consumption. The growth of the construction sector is one of the triggers of the problem, the construction sector also contributes to energy consumption and produces green house gas (GHG) emissions. In Indonesia, research related to energy consumption and greenhouse gas emissions is still very minimal, especially in the field of highway pavement construction. In this case an analysis of energy consumption and greenhouse gas emissions was carried out on the Balikpapan- Samarinda toll road construction work, namely on STA 23+200 – STA 24+200 flexible pavement (asphalt) and STA 20+825 – 21+825 rigid pavement (Concrete) This study uses two methods to estimate energy consumption and green house gas (CO₂) emissions, namely the Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction method and the fuel conversion method. The estimation results of the two methods will then be compared mathematically, by finding the difference and the comparison. The stages observed in this study were at the production stage at AMP / BCP, the transportation stage and the construction stage using the life cycle assessment approach. From the analysis of the asphalt road using the Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction method, the greenhouse gas emissions were 208,138.14 KgCO₂, with the percentage of the production stage 80.49%, the transportation stage 17.42%, the construction stage 2.09% while the analysis of concrete roads using the fuel conversion method produces greenhouse gas emissions of 1,224,876.338 KgCO₂ with the percentage of the production stage 85.38%, the transportation stage 14.41% and the construction of 0.21%.</i></p>
Diperbaiki	9 Februari 2020	
Disetujui	12 Juli 2020	

Keywords: energy consumption, emissions greenhouse gas (CO₂), asphalt pavement, concrete pavement, fuel conversion.

Abstrak

Pertumbuhan sektor konstruksi adalah salah satu pemicu permasalahan emisi, sektor konstruksi turut berkontribusi dalam konsumsi energi serta menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK). Di Indonesia penelitian yang berhubungan dengan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (GRK) masih sangat minim, khususnya dalam bidang konstruksi perkerasan jalan raya. Dalam hal ini dilaksanakan suatu analisis konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada pekerjaan konstruksi jalan tol Balikpapan– Samarinda, yaitu pada STA 23+200 – STA 24+200 (perkerasan lentur) dan STA 20+825 – 21+825 (perkerasan kaku). Penelitian ini menggunakan dua metode untuk mengestimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO₂), yaitu metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode konversi bahan bakar. Hasil estimasi dari dua metode tersebut kemudian akan dibandingkan secara matematis, yaitu dengan mencari selisih dan perbandingannya. Tahap yang diamati pada penelitian ini adalah pada tahap produksi pada AMP/BCP, tahap transportasi dan tahap konstruksi dengan menggunakan pendekatan *life cycle assessment*. Dari hasil analisis jalan aspal dengan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 208.138,14 KgCO₂ dengan prosentase tahap produksi 80.49%, tahap transportasi 17.42%, tahap konstruksi 2.09% sedangkan analisis jalan beton dengan metode konversi bahan bakar menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 1.224.876,384 KgCO₂ dengan prosentase tahap produksi 85.38%, tahap transportasi 14.41 % dan konstruksi 0.21%.

Kata kunci: konsumsi energi, emisi gas rumah kaca CO₂, konstruksi jalan aspal, konstruksi jalan beton, konversi konsumsi energi

1. Pendahuluan

Kekhawatiran masyarakat dunia mengenai isu perubahan iklim dewasa ini tumbuh begitu cepat dalam beberapa dekade terakhir, ditandai dengan beberapa konferensi dunia yang dilatarbelakangi oleh semakin menurunnya kualitas lingkungan diawali dengan *Stockholm Conference* pada tahun

1972, dilanjutkan dengan *earth summit* di kota Rio de Janeiro, Brazil, selanjutnya pertemuan antar negara mengenai pembahasan isu lingkungan dilangsungkan dalam pertemuan anggota setiap tahunnya yang dikenal dengan nama *Conference of Parties* [1]. Sementara itu kepedulian mengenai isu lingkungan hidup di Indonesia dibuktikan melalui UU

No.23 tahun 1997 pengelolaan lingkungan hidup di mana salah satu tujuannya mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan hidup), tidak hanya itu Indonesia juga meratifikasi Kyoto Protocol melalui UU No.17 Tahun 2004, selanjutnya pada COP yang berlangsung Copenhagen, Denmark tahun 2009 Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi sebesar 26% pada tahun 2020 [2].

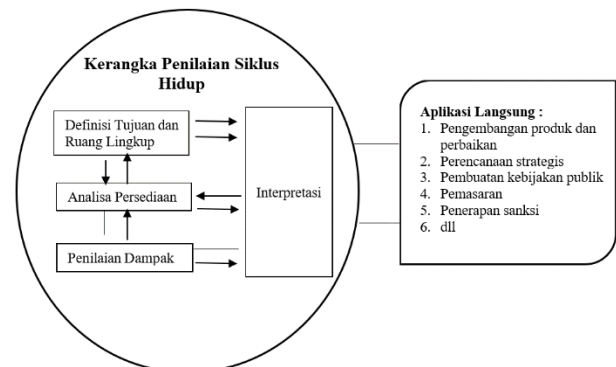
Kebijakan serta komitmen yang telah dibuat dalam menurunkan emisi perlu didukung oleh semua sektor salah satunya adalah sektor konstruksi, sektor konstruksi turut berkontribusi dalam konsumsi energi serta emisi gas rumah kaca (GRK), berdasarkan laporan US *Environmental Protection Agency* (US-EPA) pada tahun 2009 sektor konstruksi menyumbang 1.7% dari total GRK di Amerika Serikat atau 6% dari total seluruh sektor (terdiri dari 14 sektor di mana mewakili 84% emisi total GRK di Amerika Serikat) di mana sumber emisi utama pada sektor konstruksi berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dan pemakaian listrik. Salah satu pekerjaan yang diindikasikan memiliki kontribusi dalam konsumsi energi dan menyumbang [1] Emisi GRK adalah pekerjaan jalan, pada laporan yang sama dijelaskan bahwa pekerjaan jalan dan jembatan berkontribusi sebesar 13.4% dari total emisi pada sektor konstruksi.

Jalan adalah salah satu penyumbang emisi CO₂ terbesar yang merupakan bagian dari sektor konstruksi yang paling besar menyumbangkan emisi gas rumah kaca. Jalan bersama sektor konstruksi lainnya, mengkonsumsi 50% sumber daya alam seperti semen, aspal, baja tulangan, kayu, agregat, dan bahan bakar fosil, 40 % energi dan 16 % air [3]. Studi Bank Dunia (*The World Bank Group* 2011) yang dilakukan terhadap program pembangunan jalan di Indonesia memperkirakan bahwa program pembangunan konstruksi jalan di Indonesia pada periode 2009 - 2019 menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29.941.737 ton, dimana pembangunan jalan nasional adalah penyumbang emisi terbesar yaitu, 11.706.139 juta ton (39%), disusul dengan jalan desa (24%), jalan tol (20%) dan jalan provinsi (17%). Selanjutnya disebutkan bahwa secara keseluruhan, sektor transportasi adalah penyumbang emisi GRK sebesar 14%, dan 72% disumbangkan dari sektor transportasi darat. Kondisi jalan nasional di Indonesia sebagian besar mengalami beban berlebih dan dalam kondisi drainase yang buruk sehingga cepat rusak [4], menyebutkan bahwa kejadian muatan berlebih sangat meluas hampir seluruh jalan di Indonesia khususnya jalan arteri, jalan nasional Pantura Jawa dan Jalan Lintas Sumatera. Kecenderungan penggantian konstruksi jalan aspal lama menjadi konstruksi jalan beton untuk mengatasi berbagai problem diatas mendapat banyak manfaat, namun tuntutan pembangunan yang berwawasan lingkungan sudah menjadi

perhatian semua pihak pada saat ini dan wajib dilakukan, sehingga perlu diketahui berapa besar perbandingan besaran emisi CO₂, penghematan biaya dan kehilangan nilai ekonomi akibat emisi CO₂, dan biaya efektif pengurangan emisi CO₂ akibat penggunaan jalan beton menggantikan jalan aspal dan fase apa yang menyumbangkan emisi CO₂ terbesar dari kedua konstruksi tersebut serta bagaimana peran umur satu siklus hidup jalan tersebut.

2. Studi Literatur

Menurut ISO 14040, LCA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk melakukan asesmen terhadap dampak lingkungan yang berhubungan dengan suatu produk. Tahap pertama pada LCA adalah menyusun dan menginventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan produk yang akan dihasilkan. Kemudian melakukan evaluasi terhadap potensi dampak lingkungan yang berhubungan dengan masukan dan keluaran dari produk tersebut; serta menginterpretasikan hasil analisis dan asesmen dampak dari setiap tahapan yang berhubungan dengan objek studi. LCA dapat memberikan informasi dampak lingkungan dari siklus produk dari ekstraksi bahan mentah, proses produksi, penggunaan produk dan waste dari produk yang dihasilkan dari sebuah kegiatan produksi. Pada **Gambar 1** menunjukkan tahapan LCA yang dibagi menjadi empat:



Gambar 1. Proses *Life Cycle Assessment* (LCA) [5]

2.1 Definisi Tujuan dan Ruang Lingkup

Hal yang pertama dilakukan dalam LCA adalah menentukan tujuan serta ruang lingkup dan batasan dari studi yang dilakukan secara jelas dan konsisten, dalam fase ini produk atau layanan yang akan ditinjau didefinisikan. Terpenting lainnya dalam menentukan tujuan serta ruang lingkup adalah unit fungsional, batasan sistem, asumsi dan keterbatasan, metode alokasi yang digunakan untuk partisi beban lingkungan dari suatu proses ketika beberapa produk atau fungsi berbagi proses yang sama, pemilihan kategori dampak.

2.2 Analisa persediaan

Suatu set data serta perhitungan aliran material dan energi yang mengkuantifikasikan input serta output dari daur hidup suatu produk. Hasil akhir adalah jumlah energi yang dikonsumsi dan polutan yang dihasilkan di seluruh sistem per unit fungsional yang tetap berhubungan dengan lingkup studi.

2.3 Analisa penilaian dampak

Pada tahapan ini, dilakukan evaluasi terhadap dampak potensi terhadap lingkungan dengan menggunakan hasil dari *life cycle inventory* dan menyediakan informasi untuk menginterpretasikan pada fase terakhir [6] kerangka umum fase LCIA terdiri dari beberapa element wajib yang mengkonversi hasil dari *life cycle inventory* menjadi indikator hasil, selain unsur wajib terdapat unsur-unsur pilihan yaitu normalisasi, pengelompokan atau pembobotan dari hasil indikator dan teknik analisis data.

2.4 Interpretasi hasil

Interpretasi hasil adalah teknik sistematis untuk mengidentifikasi, mengukur, memeriksa, dan mengevaluasi informasi dari hasil *life cycle inventory* (LCI) dan / atau penilaian dampak siklus hidup (LCIA) dalam kaitannya dengan tujuan dan ruang lingkup yang ditetapkan untuk mencapai kesimpulan dan rekomendasi. Hasil dari analisis LCI dan penilaian dampak dirangkum selama fase interpretasi.

Siklus keseluruhan suatu material perkerasan jalan sangat panjang yaitu mulai dari pengambilan material dasar dari alam, sampai menjadi material perkerasan jalan terpasang, dan akhirnya dibongkar dan tidak digunakan lagi. Seperti diuraikan oleh [7], keseluruhan siklus tersebut melibatkan berbagai pelaku sektor industri termasuk pertambangan, manufaktur dan konstruksi. Kajian estimasi emisi GRK dan konsumsi energi pada makalah ini dibatasi pada aktivitas yang terkait langsung pada sektor jasa konstruksi. Bagian siklus proses yang diamati pada rantai pasok pekerjaan pengaspalan jalan meliputi tiga tahapan yaitu:

1. tahap produksi campuran aspal panas dan beton (AMP/BCP),
2. tahap transportasi material, dan
3. tahap pelaksanaan pekerjaan pengaspalan/ pengecoran.

3. Metode

Komponen gas rumah kaca yang paling dominan dihasilkan pada pembakaran bahan bakar adalah gas CO₂, maka emisi gas rumah kaca yang ditinjau hanya gas CO₂. Dalam penelitian ini digunakan 2 metode untuk menghitung konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO₂) yaitu dengan menggunakan Tabel *Energy Use and GHG Emissions*

for Pavement Construction dan konversi bahan bakar yang mengacu pada panduan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

3.1. Metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*

Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* adalah Tabel yang disusun oleh anggota Colas.Inc yaitu Brewer [8]. Tabel ini berisikan data penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO₂ dalam konstruksi perkerasan jalan. Konsumsi energi dapat diselesaikan dengan persamaan:

$$E = W_c \times \alpha_e \quad (1)$$

Dimana:

$$W_c = p \times l \times t \times B_j \quad (2)$$

E = Konsumsi energi p = Panjang jalan (m)

W_c = Berat campuran l = Lebar jalan (m)

t = Tebal jalan (m) B_j = Berat jenis campuran

α_e = Angka koefisien energi / Tabel 1

Untuk menghitung emisi gas rumah kaca menggunakan persamaan:

$$GHG = W_c \times \alpha_g \quad (3)$$

GHG = Emisi gas rumah kaca (Kg)

α_g = Angka koefisien emisi / Tabel 1

Tabel 1. Energi use dan GHG Emissions for pavement construction [9]

Tahap pekerjaan	Konsumsi energi (MJ/t)	Emisi (Kg)
	α _e	α _g
Produksi aspal	289	23.1
Transport aspal	79	5
Konstruksi aspal	9	0.5
Produksi beton	35	10
Transport beton	8.4	5.6
Konstruksi beton	22	0.2

3.2 Metode Konversi Konsumsi Bahan Bakar

Metode lain yang digunakan untuk menghitung penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO₂ yang dihasilkan dalam konstruksi perkerasan jalan adalah dengan mengkonversi konsumsi bahan bakar yang digunakan menjadi energi dan gas rumah kaca CO₂. Konversi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada panduan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Konsumsi energi dapat diselesaikan dengan persamaan:

$$E = K_b \times C_v \quad (4)$$

E = Konsumsi energi

K_b = Konsumsi bahan bakar

C_v = Caloric Value (Mj/hr)/Tabel 2

Untuk menghitung emisi gas rumah kaca menggunakan persamaan:

$$GHG = K_b \times F_e \tag{5}$$

GHG = Emisi gas rumah kaca (Kg)

F_e = Faktor emisi (Kg/liter)

Tabel 2. Konversi Konsumsi Bahan Bakar [10]

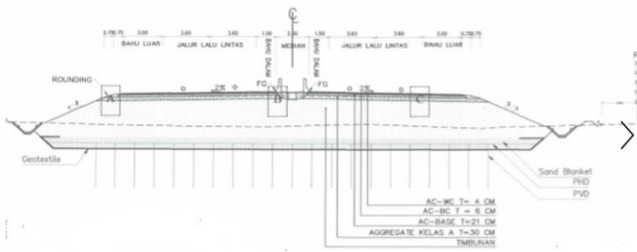
Jenis Bahan Bakar	Density (Kg/hr)	Caloric Value (Cv) (Mj/hr)	Emission Factor(F_e) (KgCO ₂ /hr)
Minyak Mentah (Crude Oil)	0.847	35.83	2.63
Solar (Diesel Fuel)	0.837	35.99	2.67

3.3 Data teknis

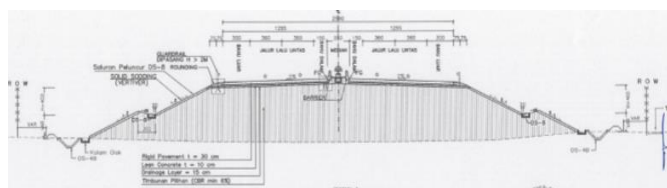
Data teknis jalan meliputi panjang jalan, lebar jalan, tebal lapisan aspal. Lebar jalan pada lapisan AC-WC yaitu (3 + (2 x 3.6)) = 10.2 m dengan tebal 0,04 m, Pada lapisan AC-BC lebarnya 10.2 m dengan tebal 0,06 m, dan pada AC-BASE lebarnya 10,2 m dengan tebal 0,21 m. Untuk jalan beton, pada lapisan rigid lebarnya 10.2 m dengan tebal 0,30 m dan lean concrete 0,10 m Di bawah ini disajikan data teknis jalan pada **Tabel 3.** Untuk lebih jelas dapat dilihat gambar potongan melintang pada tol Balikpapan – Samarinda STA 23+200 (Asphalt Course) **Gambar 1** dan STA 20+825 (Rigid Pavement) **Gambar 2.**

Tabel 3. Data teknis [11]

Lapisan	STA	Lebar (m)	Tebal (m)
AC - WC	23+200	10.2	0.04
AC - BC	23+200	10.2	0.06
AC - Binder	23+200	10.2	0.21
Rigid Pav.	20+825	10.2	0.30
Lean Concrete	20+825	10.2	0.10



Gambar 1.Perkerasan aspal STA 23+200 – 24+200 tol Balikpapan – Samarinda (Tidak berskala)[11]



Gambar 2.Perkerasan beton STA 20+825 – 21+825 tol Balikpapan – Samarinda (Tidak berskala)[11]

4. Hasil dan Pembahasan

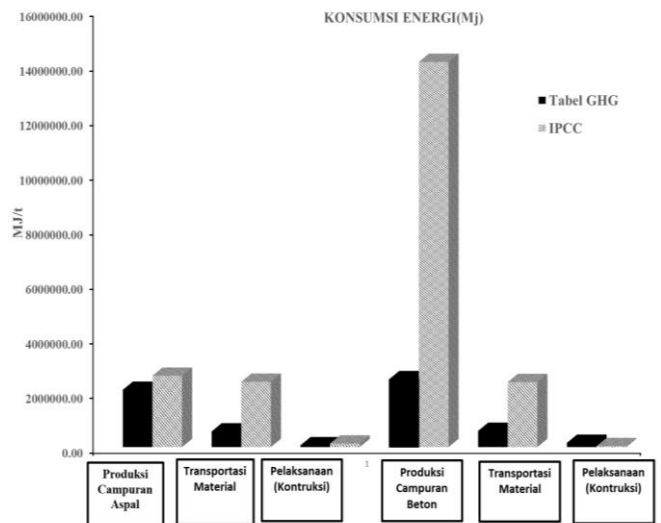
4.1 Metode Tabel Energi Use dan GHG Emission for pavement

Hasil perhitungan dengan menggunakan tabel energi use dan GHG Emission for pavement construction total konsumsi energi pada perkerasa lentur (aspal) adalah 2.734.079,4 MJ sedangkan pada perkerasan rigid (Beton) 3.214.909,44 MJ dari konsumsi energi kedua perkerasan hasilnya lebih besar perkerasan beton yaitu dengan selisih 480.830,04 MJ sedangkan total Emisi gas rumah kaca (CO₂) pada perkerasan lentur (aspal) 208.138,14 KgCO₂ sedangkan pada perkerasan rigid (beton) 1.113.937,92 KgCO₂ dari emisi gas CO₂ lebih besar perkerasan beton dengan selisih 905.799,78 KgCO₂. Prosentase emisi gas rumah kaca CO₂ terbesar dari analisa metode ini pada pekerjaan perkerasan jalan aspal (lentur), 80.49 %, sedangkan prosentase terbesar pada pekerjaan perkerasan jalan beton adalah 63.29%.

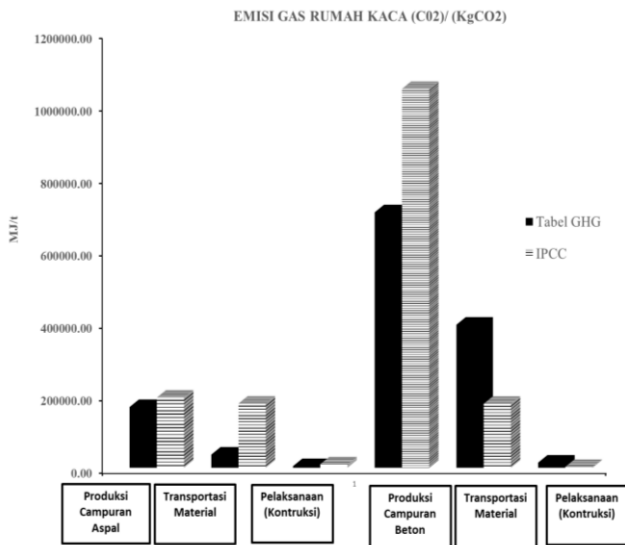
4.2 Metode konversi konsumsi bahan bakar

Hasil perhitungan dengan menggunakan metode konversi konsumsi bahan bakar (IPCC) total konsumsi energi pada perkerasan lentur (aspal) adalah 5.128.781,223 MJ sedangkan pada perkerasan rigid (Beton) 16.510.599,65 MJ dari konsumsi energi kedua perkerasan lebih besar perkerasan beton yaitu dengan selisih 11.381.818,43 MJ sedangkan total Emisi gas rumah kaca (CO₂) pada perkerasan lentur (aspal) 380.490,2991 KgCO₂ sedangkan pada perkerasan rigid (beton) 1.224.876.384 KgCO₂ dari emisi gas CO₂ lebih besar perkerasan beton dengan selisih 844.386,0849 KgCO₂

Pada **Gambar 3** disajikan grafik hasil konsumsi energi setiap tahapan perkerasan dan **Gambar 4** emisi gas rumah kaca CO₂ setiap tahapan perkerasan dengan kedua metode.



Gambar 3. Konsumsi energi setiap tahap perkerasan



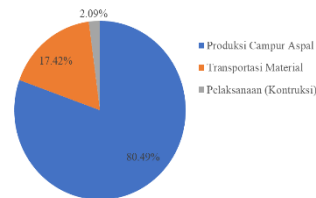
Gambar 4. Emisi Gas Rumah Kaca setiap tahap perkerasan

4.3 Analisa Penilaian Dampak (*Impact Assessment*)

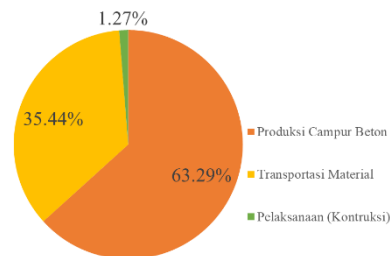
Presentase emisi gas rumah kaca (CO₂) dengan metode tabel *energi use* dan *GHG emission for pavement* yang dihasilkan kontruksi perkerasan aspal adalah 80.49 % pada tahap produksi percampuran material di AMP, 17.42 % pada tahap pengiriman aspal dan 2.09 % pada tahap pelaksanaan (pengaspalan) sedangkan yang dihasilkan kontruksi perkerasan beton dengan metode konversi konsumsi bahan bakar (IPCC) adalah 85.38 % pada tahap produksi percampuran material di BCP, 14,41 % pada tahap pengiriman beton dan 0.21 % pada tahap pelaksanaan (pengecoran). Presentase emisi terbesar pada kajian ini adalah pada tahap produksi dan total emisi CO₂ pada kajian LCA disini terbatas pada emisi CO₂ yang digunakan pada bahan baku konstruksi aspal maupun beton. Semakin besarnya emisi CO₂ yang dihasilkan oleh suatu konstruksi akan memberikan dampak khususnya pada Efek Rumah kaca (*Global Warming Potensial*), dengan demikian banyaknya konsentrasi CO₂ di atmosfer menyebabkan suhu udara di bumi semakin meningkat dan akan menyebabkan es kutub utara mencair sehingga meningkatkan air permukaan laut (*sea water level*), selain itu akan menimbulkan perubahan iklim secara global (*climate change*) yang akan berdampak pada pergeseran pola tanam, ketersediaan air dan produktivitas tanaman akan menurun. Hasil presentase disajikan pada **Gambar 5-8**.

Pada **Gambar 5-8** terdapat perbedaan presentase setiap proses pekerjaan perkerasan jalan. Emisi gas rumah kaca (CO₂) pekerjaan aspal dengan metode tabel GHG emission menghasilkan 80.42% emisi gas rumahkaca, dihasilkan pada proses pekerjaan pencampuran aspal di *Asphalt Mixing Plant*. Hasil tersebut terjadi karena persamaan yang

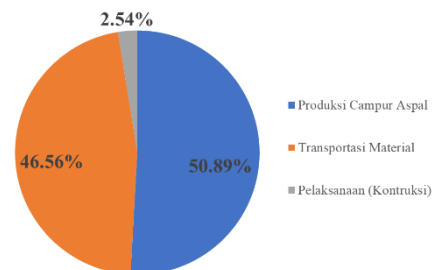
digunakan dalam metode *GHG emission for pavement contruction* mempunyai angka koefisien energi yang berbeda pada setiap proses pekerjaan. Metode ini cocok digunakan dalam perhitungan emisi pada pekerjaan yang konsumsi bahan bakarnya tidak dapat diprediksi. Sedangkan pada metode IPCC atau lebih dikenal dengan metode konversi konsumsi bahan bakar, pada pekerjaan percampuran aspal di *Asphalt Mixing Plant* presentase hanya 50.89 %. Karena pada metode ini diperhitungkan konsumsi bahan bakar *dump truck* saat mengangkut aspal ke lokasi pengaspalan. Motede ini lebih cocok digunakan dalam menghitung emisi pada pekerjaan jalan karena pada setiap proses pekerjaan dihitung dengan sistematis, tetapi dalam proses perhitungan dengan metode ini harus memprediksi konsumsi bahan bakar pada setiap proses pekerjaan. Akurasi dan ketepatan pada metode ini lebih baik karena berbeda jarak pengangkutan material berbeda juga emisi yang dihasilkan.



Gambar 5. Presentase emisi CO₂ Pekerjaan Aspal GHG emission



Gambar 6. Presentase emisi CO₂ Pekerjaan Beton GHG emission

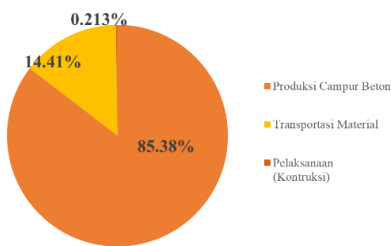


Gambar 7. Presentase emisi CO₂ Pekerjaan Aspal IPCC

4.3. Analisa interpretasi

Berdasarkan hasil evaluasi dari *inventory analysis* dan *impact assessment*, seperti input material dan energy yang

digunakan pada kontruksi pekerjaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku (beton) dengan asumsi panjang jalan 1 km yaitu pada STA 23+200 – STA 24+200 (perkerasan lentur) dan STA 20+825 – 21+825 (perkerasan kaku) pada jalan bebas hambatan Balikpapan – Samarinda, “Jalan Aspal” masih menjadi alternatif meskipun memiliki beberapa kelemahan dibandingkan jalan beton khususnya kelemahan pada kekuatan jalan dan kontruksinya dalam menahan beban serta perawatan yang intensif.



Gambar 8. Prosentase Emisi CO₂ Pekerjaan Beton IPCC

Upaya perbaikan pengurangan konsumsi energi pada pekerjaan jalan tol Balikpapan – Samarinda antara lain:

1. Pemanfaatan material tanah sisa galian/tidak mendatangkan banyak material tanah dari luar lokasi proyek.
2. Meminimalisir penyimpanan material di lapangan (misal aspal dan pasir).
3. Efektifitas pelaksanaan agar tidak banyak material yang tersisa dengan cara menghitung volume material dengan baik.
4. Penanaman tanaman pada sekitar proyek.
5. Pemilihan jenis angkutan material agar tidak tercecer pada jalur angkut.
6. *Man Power* yang berpengalaman agar tidak ada *human error*.
7. Pengecekan secara rutin alat yang digunakan untuk pekerjaan.
8. Patuhi dan jalankan Visi 5R (Ringkas, Rapi, Rawat, Rajin dan Resik).

5. Simpulan

Estimasi emisi gas rumah kaca (CO₂) dengan metode *Energy Use* dan *GHG Emission for pavement* pada kegiatan pekerjaan jalan bebas hambatan STA 23+200 – 24+200 yaitu perkerasan lentur (Aspal) adalah emisi gas rumah kaca terbesar pada proses pekerjaan pencampuran aspal di *asphalt mixing plant* sebesar 167.525,82 KgCO₂ atau 80.43%. Sedangkan dengan metode konversi konsumsi bahan bakar (IPCC) pekerjaan aspal 193.633,74 KgCO₂ atau 50.89% hasil terbesar juga pada proses pencampuran aspal di *asphalt mixing plant*. Total emisi gas rumah kaca pekerjaan aspal

yang dihasilkan pada kedua metode adalah, dengan tabel *GHG Emission for pavement* adalah 208.138.14 KgCO₂. Sedangkan dengan menggunakan metode konversi konsumsi bahan bakar adalah 380.490.30 KgCO₂ selisih 172.352.16 KgCO₂, perbedaan hasil analisa tersebut disebabkan oleh metode IPCC menghitung konsumsi bahan bakar pengangkutan material aspal dari AMP menuju kelokasi penghamparan dengan lokasi terjauh 15 Km, konsumsi bahan bakar dump truck 66.357,63 liter.

Estimasi emisi gas rumah kaca (CO₂) pekerjaan jalan bebas hambatan STA 20+825 – STA 21+825 yaitu perkerasan rigid (kaku) dengan metode *Energy Use* dan *GHG Emission for pavement* emisi gas rumah kaca terbesar pada pencampuran beton di *batching plant* (BCP) sebesar 705.024,00 KgCO₂ atau 63.23%. Sedangkan dengan metode konversi konsumsi bahan bakar (IPCC) pekerjaan perkerasan kaku, emisi gas rumah kaca terbesar pada proses pekerjaan pencampuran beton di *batching plant* (BCP) sebesar 1.045.785,60 KgCO₂ atau 85.38%. Perbedaan hasil ini dikarenakan konsumsi bahan bakar BCP kapasitas 30 m³/jam mengkonsumsi bahan bakar 40 liter/m³. Hasil analisa tersebut adalah emisi terbesar dari kedua pekerjaan perkerasan jalan. Rekapitulasi hasil konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca CO₂ disajikan pada **Tabel 4**. Kesimpulan dari analisa emisi pada pekerjaan lentur dan rigid dengan studi kasus tol Balikpapan – Samarinda pekerjaan perkerasan beton menghasilkan emisi lebih besar dibandingkan pekerjaan perkerasan lentur.

Daftar Pustaka

- [1] A. Mulyana and R. Wirahadikusumah, “Analisis Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca pada Tahap Konstruksi Studi Kasus: Konstruksi Jalan Cismudawu,” *J. Tek. Sipil ITB*, vol. 24, no. 3, p. 269–280, 2017.
- [2] Ministry of Environment of Indonesia, “Indonesia Second National Communication,” p. 200, 2010.
- [3] W. I. Ervianto, “Kajian Faktor Green Construction Infrastruktur Jalan Berdasarkan Sistem Rating Greenroad dan Invest,” *Konfransi Nas. Tek. Sipil 7*, vol. 14, no. 1, p. 24–25, 2013.
- [4] R. Marpaung, “Perbandingan Emisi CO₂ Menggunakan Beton dan Aspal (Studi Kasus Rekonstruksi Jalan Nasional Provinsi Riau) Comparison CO₂ Emission Using Concrete and Asphalt,” p. 209–220, 2014.
- [5] N. Santero, L. Alexander, A. Mehdi, and J. Ochsendorf, “Methods, Impacts, and Opportunities in the Concrete Pavement Life Cycle,” no. August, 2011.
- [6] P. F. Marzuki, M. Abduh, R. Driejana, and Hermawan, “Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada

- Material Konstruksi Dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida,” vol. 7, no. KoNTekS 7, p. 24–26, 2013.
- [7] Y. Zulianto, “Perbandingan Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂) pada Konstruksi Perkerasan Lentur,” *Matriks Tek. Sipil*, vol. Vol 1 No 1, 2013.
- [8] T. L. Brewer, “The Future of the International Climate Change Regime: The Contribution of ‘regional approaches’ towards an International Climate Change Agreement,” *Oil, Gas Energy Law*, vol. 3, no. March, pp. 1–20, 2004.
- [9] G. Finnveden and J. Potting, “Life Cycle Assessment,” *Encycl. Toxicol. Third Ed.*, p. 74–77, 2014.
- [10] E. Westkamper, “Life Cycle Management and Assessment: Approaches and Visions Towards Sustainable Manufacturing,” no. I, 2014.
- [11] PT.Wijaya Karya, “Metode Kerja Rigid Pavement dan Aspal Pavement,” 2009.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca CO₂

No.	Tahap	Jenis Perkerasan	Metode	Konsumsi Energi (MJ)	Emisi Gas Rumah Kaca (KgCO ₂)
1	Produksi Campur Aspal	Aspal	Tabel GHG	2.095.885,80	167.525,82
2	Produksi Campur Aspal	Aspal	IPCC	2.610.066,78	193.633,74
3	Transportasi Material	Aspal	Tabel GHG	572.923,80	36.261,01
4	Transportasi Material	Aspal	IPCC	2.388.211,10	177.174,87
5	Pelaksanaan (Kontruksi)	Aspal	Tabel GHG	65.269,80	4.351,32
6	Pelaksanaan (Kontruksi)	Aspal	IPCC	130.503,34	9.681,69
7	Produksi Campur Beton	Beton	Tabel GHG	2.467.584,01	705.024,01
8	Produksi Campur Beton	Beton	IPCC	1.4096.563,20	1.045.785,60
9	Transportasi Material	Beton	Tabel GHG	592.220,16	394.813,44
10	Transportasi Material	Beton	IPCC	2.378.795,04	176.476,32
11	Pelaksanaan (Kontruksi)	Beton	Tabel GHG	155.105,28	14.100,48
12	Pelaksanaan (Kontruksi)	Beton	IPCC	35.241,41	2.614,46

