

# KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO<sub>2</sub>) PADA PROSES PELAKSANAAN PEKERJAAN PERKERASAN JALAN

Rusdi Fadholah<sup>1)</sup>, Ary Setyawan<sup>2)</sup>, Suryoto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup> <sup>3)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp.0271647069. Email: [rusdi.fadholah@student.uns.ac.id](mailto:rusdi.fadholah@student.uns.ac.id)

## Abstrak

Energi merupakan kebutuhan manusia yang semakin diperlukan seiring dengan semakin majunya peradaban. Peningkatan jalan dan pembuatan jalan baru yang dibutuhkan untuk meningkatkan mobilitas manusia selalu memerlukan energi yang tidak sedikit selain juga menghasilkan emisi gas rumah kaca berupa CO<sub>2</sub> dan lainnya. Pekerjaan jalan dengan jenis perkerasan yang berbeda yaitu perkerasan lentur, kaku, dan komposit memerlukan energi yang berbeda pula, demikian pula dengan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian untuk memperkirakan jumlah konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada proses pelaksanaan ketiga jenis perkerasan tersebut. Tujuannya untuk memberikan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca tiap jenis perkerasan sehingga dapat dipilih jenis perkerasan yang paling sesuai dengan kondisi lapangan dengan tetap memperhatikan lingkungan. Lokasi penelitian adalah di 27 ruas jalan yang tersebar di 9 (sembilan) balai Provinsi Jawa Tengah. Metode pengumpulan data adalah dengan wawancara. Data primer berupa dimensi jalan didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak DPU Provinsi Jawa Tengah. Data alat berat dan konsumsi bahan bakarnya didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak PT Pancadharma Puspawira Surakarta. Metode pengolahan data dilakukan dengan metode tabel energy use and ghg emissions for pavement construction dan metode konversi konsumsi bahan bakar. Analisis data yang digunakan adalah metode komparasi yaitu perbandingan langsung. Hasil analisis kedua metode dicari perbandingannya. Hasil analisis menunjukkan bahwa ada perbedaan antara ketiga jenis perkerasan jalan. Proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan lentur menghasilkan konsumsi energi 508,61 MJ/m<sup>3</sup> dan emisi gas rumah kaca 39,18 kgCO<sub>2</sub>. Perkerasan jalan kaku menghasilkan konsumsi energi 126,67 MJ/m<sup>3</sup> dan emisi gas rumah kaca 9,17 kgCO<sub>2</sub>. Sedangkan perkerasan komposit menghasilkan konsumsi energi 221,68 MJ/m<sup>3</sup> dan emisi gas rumah kaca 16,83 kgCO<sub>2</sub>. Hasil analisis menunjukkan bahwa konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) perkerasan jalan lentur 2,18 kali lipat perkerasan jalan komposit, perkerasan jalan komposit 1,99 kali lipat perkerasan jalan kaku, dan perkerasan jalan lentur 4,84 kali lipat perkerasan jalan kaku.

Kata Kunci: emisi gas rumah kaca, konsumsi energi, perkerasan jalan

## Abstract

*Energy is an increasingly human needs along with the more advanced civilization. Improved roads and the creation of new roads are needed to improve the mobility of humans always need a large amount of energy as well as produce greenhouse gas emissions such as CO<sub>2</sub> and others. Road work with different types of pavement that is flexible, rigid, and composites pavement require different energy, as well as greenhouse gas emissions are produced. Therefore, it needed a study to estimate the amount of energy consumption and greenhouse gas emissions in the process of implementation of the these type of pavement. The goal is to give estimation of energy consumption and greenhouse gas emissions for each type of pavement so as to choose the kind of pavement that is most suitable with the condition of the field with a fixed environment. The location of the research was on the 27 roads in 9 (nine) of Central Java province Hall. Method of data collection is by interview. The primary form of dimensional data path obtained from the results of the interviews with the DPU province of Central Java. Heavy equipment data and its fuel consumption is obtained from the results of the interview with PT Pancadharma Puspawira Surakarta. A method of data processing is performed by the method table of energy use and ghg emissions for pavement construction and conversion methods of fuel consumption. Data analysis is a method of comparison that is a direct comparison. The results of the analysis of the two methods look for comparison. The results of the analysis show that there are differences between these three types of road pavement. The process of implementation of the work of flexible road pavement produce energy consumption 508.61 MJ/m<sup>3</sup> and greenhouse gas emissions 39.18 kgCO<sub>2</sub>. Rigid road pavement produce energy consumption 126.67 MJ/m<sup>3</sup> and greenhouse gas emissions 9.17 kgCO<sub>2</sub>. While the composite road pavement produce energy consumption 221.68 MJ/m<sup>3</sup> and greenhouse gas emissions 16.83 kgCO<sub>2</sub>. The results of the analysis show that the energy consumption and greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub>) of flexible pavement works are 2.18 times composite pavement works, composite pavement works are 1.99 times rigid pavement work, and flexible pavement works are 4.84 times rigid pavement works.*

*Keywords: greenhouse gas emissions, energy consumption, road pavement.*

## PENDAHULUAN

Dewasa ini penggunaan energi dalam pekerjaan pembuatan jalan semakin meningkat seiring dengan semakin majunya peradaban manusia. Kebutuhan manusia terhadap sarana jalan semakin tinggi apalagi luasan jalan di Indonesia memang masih minim. Akibat dari semakin banyaknya proyek jalan ini, emisi gas rumah kaca pun semakin banyak khususnya gas CO<sub>2</sub> sehingga semakin mempercepat pemanasan global.

Pemanasan global (*global warming*) dan krisis iklim (*climate crisis*) adalah dua isu global yang semakin sering didengungkan oleh berbagai pihak belakangan ini. Efek gas rumah kaca khususnya gas CO<sub>2</sub> lah yang menjadi penyebabnya. Emisi gas CO<sub>2</sub> di udara terus meningkat, terlebih dalam 40 tahun terakhir. Hingga tahun 1950, peningkatan emisi gas CO<sub>2</sub> masih relatif rendah. Namun, semenjak tahun 1950-an emisi gas CO<sub>2</sub> meningkat sangat drastis. Hal ini disebabkan karena semakin majunya teknologi di berbagai bidang sehingga konsumsi energi pun meningkat drastis.

Perlu adanya inventarisasi dan mitigasi gas rumah kaca guna memberikan kontribusi pada dunia dalam penanganan isu *global warming*, sebab secara umum Indonesia masih memiliki banyak lingkungan hijau. Hingga saat ini kegiatan inventarisasi gas rumah kaca di Indonesia masih sangat minim dan terbatas. Melalui program pemerintah Rencana Aksi Nasional Pengurangan Gas Rumah Kaca (RAN-GRK), inventarisasi hanya dilakukan pada sektor-sektor besar yang berkontribusi langsung pada penambahan emisi gas rumah kaca, seperti sektor industri, perhutanan, transportasi. Dalam sektor transportasi pun, kegiatan inventarisasi terbatas pada lalu lintas jalan, belum menghitung proses konstruksi perkerasan jalan.

Pemerintah Jawa Tengah, misalnya, belum maksimal dalam mensukseskan program RAN-GRK khususnya di bidang transportasi. Hanya beberapa kabupaten saja, seperti DIY, yang sudah menindaklanjuti program ini. Oleh karena itu, dirasa perlu suatu penelitian untuk mengestimasi jumlah penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dalam proses pekerjaan jalan di lingkup Provinsi Jawa Tengah.

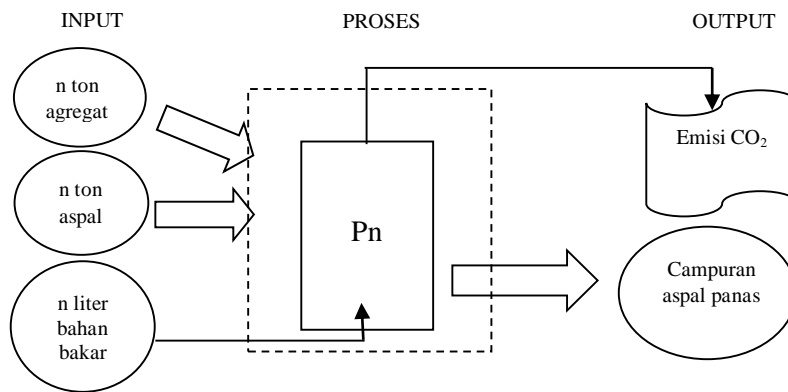
Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) adalah studi yang wajib dilaksanakan apabila proyek diperkirakan mempunyai dampak penting terhadap lingkungan sesuai dengan Pasal 16, UU No. 4, Tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kajian AMDAL saat ini belum mencakup batasan maksimum konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) yang dihasilkan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) pada proses pekerjaan perkerasan jalan di Provinsi Jawa Tengah. Metode yang digunakan adalah metode *tabel energy use and GHG emissions for pavement construction* dan metode konversi konsumsi bahan bakar dari IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Emisi gas rumah kaca yang diteliti hanya CO<sub>2</sub> karena gas ini yang paling dominan intensitasnya, sedangkan gas rumah kaca yang lain relatif tidak signifikan. Provinsi Jawa Tengah dipilih sebagai lokasi penelitian karena masih minimnya inventarisasi gas rumah kaca, sehingga penelitian ini bisa dijadikan referensi untuk penelitian terkait.

## LANDASAN TEORI

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perkerasan komposit (*composite pavement*).

Pekerjaan konstruksi yang diduga menghasilkan emisi gas rumah kaca terbesar adalah pekerjaan konstruksi jalan khususnya dengan metode campuran panas. Energi yang dibutuhkan pada pengolahan campuran aspal panas lebih besar karena mensyaratkan material yang digunakan harus bersuhu tinggi (>100°C). Energi tersebut terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Gambar di bawah ini menerangkan secara umum kemungkinan emisi gas rumah kaca pada proses yang tercakup pada pekerjaan perkerasan jalan sebagai reaksi pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon  $C_xH_y + O_2 = CO_2 + H_2O$ .



**Gambar 1.** Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>) pada Proses Konstruksi Perkerasan Jalan (Wirahadikusumah, 2011)

Gambar di atas menjelaskan bahwa sejumlah agregat dan aspal dicampur dalam sebuah proses (Pn) yang memerlukan panas yang tinggi (dengan n liter bahan bakar) sehingga menghasilkan campuran aspal panas. Selain itu, emisi gas rumah kaca terutama CO<sub>2</sub> juga dihasilkan sebagai akibat dari penggunaan bahan bakar.

Seperti diuraikan oleh Miller dan Bahia (2009), ada lima tahap penggunaan material perkerasan jalan yaitu ekstraksi, manufaktur, konstruksi, pemeliharaan dan perawatan, daur ulang. Kajian analisis estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) pada penelitian ini dibatasi pada kegiatan yang terkait langsung pada kegiatan konstruksi perkerasan jalan, yaitu tahap produksi campuran, transportasi (pengangkutan campuran), dan penghamparan (penghamparan dan pemadatan).

Menurut Pakrasi dan Davis (2000), emisi gas rumah kaca adalah hasil pembakaran bahan bakar yang terdiri dari karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan nitro dioksida (N<sub>2</sub>O). Hampir semua karbon yang terkandung pada minyak dikonversi menjadi CO<sub>2</sub> pada proses pembakaran bahan bakar minyak. Hanya saja, gas selain CO<sub>2</sub> kuantitasnya sangat tidak signifikan sehingga emisi gas rumah kaca yang ditinjau hanya gas CO<sub>2</sub>.

Dalam penelitian ini digunakan 2 (dua) metode untuk menghitung konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>), yaitu metode Tabel Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction dan metode konversi konsumsi bahan bakar yang mengacu pada panduan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Perhitungan dengan metode pertama yang digunakan untuk estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) adalah dengan mengkonversikan berat (ton) campuran dengan angka koefisien *tabel energy use and GHG emissions for pavement construction*.

$$E = W_{ca} \times \alpha_e$$

$$GHG = W_{ca} \times \alpha_g$$

- Dimana :
- $W_{ca}$  = Berat campuran (ton)
  - $\alpha_e$  = Angka koefisien dari tabel energi (MJ/ton)
  - $\alpha_g$  = Angka koefisien dari tabel GHG (kgCO<sub>2</sub>/ton)

**Tabel 1.** Energy Use for Pavement Construction

<i>Energy Consumption (MJ/t) for Each Type of Product</i>						
<i>Product</i>	<i>Binders</i>	<i>Aggregates</i>	<i>Manufacture</i>	<i>Transport</i>	<i>Laying</i>	<i>Total (MJ/t)</i>
<i>Bituminous Concrete</i>	279	38	275	79	9	680
<i>Road Base Asphalt Concrete</i>	196	36	275	75	9	591
<i>Continuous Reinforced Concrete</i>	1100	29	14	81	2,2	1226

Sumber: (Chappat and Bilal, 2003)

**Tabel 2.** GHG Emissions for Pavement Construction

<i>Greenhouse Gas Emissions (Kg/t) for Each Type of Product</i>						
<i>Product</i>	<i>Binders</i>	<i>Aggregates</i>	<i>Manufacture</i>	<i>Transport</i>	<i>Laying</i>	<i>Total (kg/t)</i>
<i>Bituminous Concrete</i>	16	9,4	22	5,3	0,6	54
<i>Road Base Asphalt Concrete</i>	11	7,6	22	5,3	0,6	47
<i>Continuous Reinforced Concrete</i>	188	5,1	1	5,4	0,2	200

Sumber: (Chappat and Bilal, 2003)

Metode kedua yang digunakan untuk menghitung penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dalam konstruksi perkerasan jalan adalah dengan mengkonversi konsumsi bahan bakar yang digunakan menjadi energi dan gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>). Angka konversi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada panduan dari Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

$$E = K_b \times C_v$$

$$GHG = K_b \times F_e$$

Dengan:

E = Konsumsi Energi (MJ)

K<sub>b</sub> = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

C<sub>v</sub> = *Calorific Value* (MJ/liter)

F<sub>e</sub> = Faktor Emisi (kgCO<sub>2</sub>/liter)

**Tabel 3.** Faktor Konversi Energi dan Faktor Emisi (C<sub>v</sub>)

Jenis Bahan Bakar	<i>Density</i> (kg/ltr)	<i>Calorific Value</i> (MJ/ltr)	<i>Emission Factor</i> (kg CO <sub>2</sub> /ltr)
Minyak Mentah ( <i>Crude Oil</i> )	0.847	35.83	2.63
Solar ( <i>Diesel Fuel</i> )	0.837	35.99	2.67

Sumber: IPCC

## METODE PENELITIAN

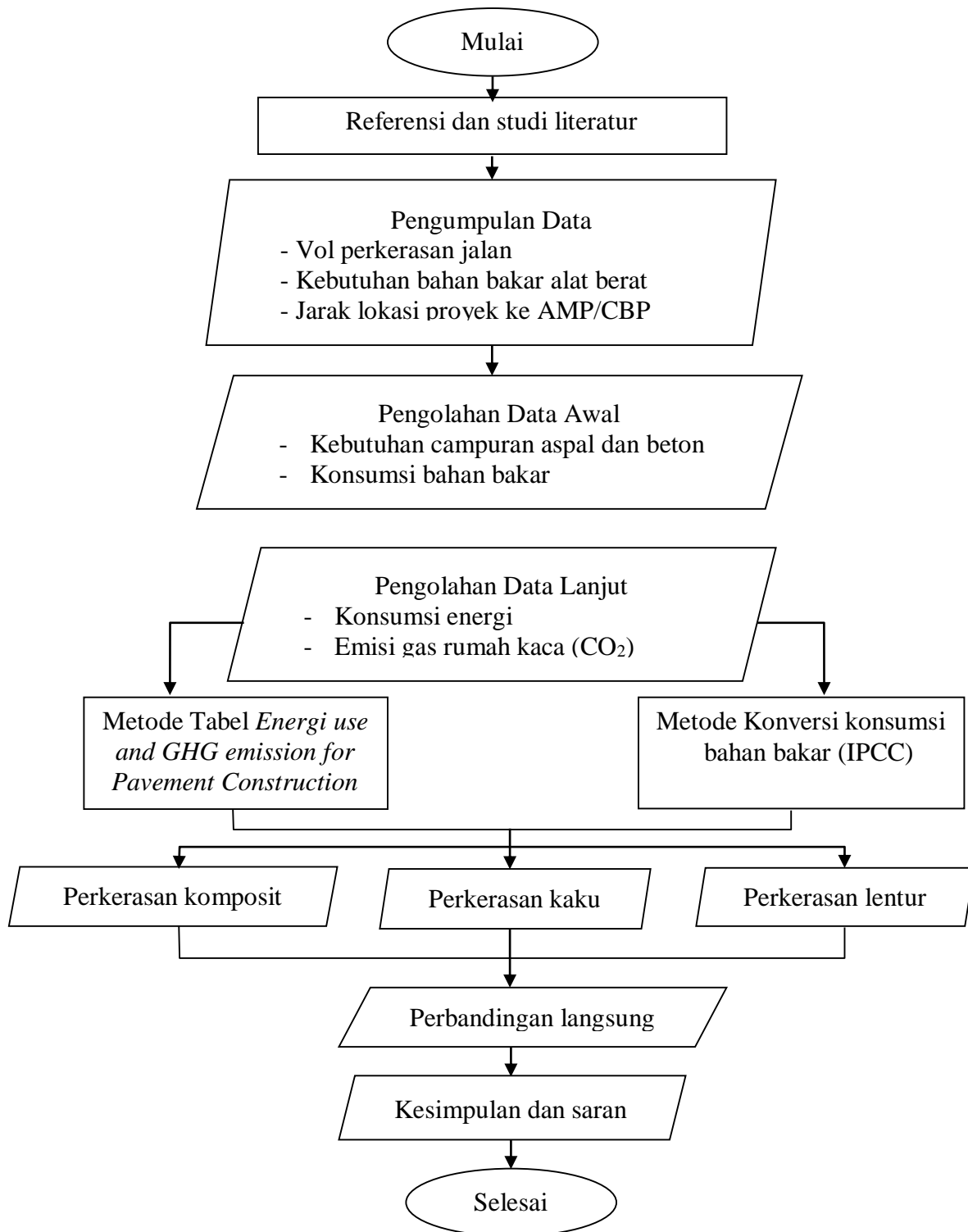
Perhitungan konsumsi energi menggunakan dua metode estimasi, yaitu *metode tabel energy use and GHG emissions for pavement construction* dan metode konversi konsumsi bahan bakar. Ruas jalan yang diteliti ada 27 (dua puluh tujuh) sampel yang tersebar di 9 (sembilan) balai di Jawa Tengah.

Adapun teknik pengolahan data ditampilkan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 4.** Teknik Pengolahan Data

No	Bahasan Masalah	Metode Acuan	Tujuan
1.	Menghitung total kebutuhan bahan bakar tiap tahap	Perhitungan matematik sederhana	Untuk mengetahui total kebutuhan bahan bakar dari alat berat yang digunakan di masing-masing tahap pekerjaan jalan
2.	Menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO <sub>2</sub> )	Panduan IPCC 2006	1. Untuk mengetahui estimasi konsumsi energi. 2. Untuk mengetahui estimasi emisi gas rumah kaca (CO <sub>2</sub> )

Diagram alir penelitian ditampilkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Perhitungan Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>)

Perhitungan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) dilakukan terhadap 27 sampel ruas jalan dengan tiga jenis perkerasan berbeda sehingga masing-masing perkerasan memiliki 9 sampel. Perhitungan dilakukan dengan

metode *tabel energy use and GHG emissions for pavement construction* dan metode konversi konsumsi bahan bakar. Hasil perhitungan kedua puluh tujuh ruas jalan disajikan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 5.** Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>) Perkerasan Lentur

No	Pekerjaan Jalan	Vol (m <sup>3</sup> )	Metode Estimasi		Metode Konversi	
			Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	GHG (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	GHG (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
1	Temanggung-Kaloran/ Bts. Kab. Semarang Ruas 186	403	690,20	54,52	271,29	20,13
2	Purwodadi - Wirosari Ruas 129	1.080	732,42	57,34	297,43	22,07
3	Pati - Tayu Ruas 207	1.260	711,52	55,95	274,32	20,35
4	Wiradesa - Kalibening Bts Kab Banjarnegara Ruas 102	945	732,42	57,34	295,21	21,90
5	Kemiri-Kepil Bts Kab Wonosobo Ruas 167	279	931,70	70,18	237,46	17,62
6	Morongso-Tuwel – Sirampok Ruas 142	1.125	677,05	53,65	245,20	18,19
7	Salatiga-Ngablak Bts Kab Magelang Ruas 181	2.250	701,08	55,25	269,22	19,97
8	Wanayasa - Batur Ruas 104	1.114	701,08	55,25	267,52	19,85
9	Cemorosewu (Skripsi Yusuf Zulianto)	3.816	779,26	60,46	340,63	25,27
	Rata-rata		739,63	57,77	277,59	20,59

**Tabel 6.** Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>) Perkerasan Kaku

No	Pekerjaan Jalan	Vol (m <sup>3</sup> )	Metode Estimasi		Metode Konversi	
			Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	GHG (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	GHG (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
1	Bantarbolang - Kesesi Bts Kab Pekalongan Ruas 118 (Kab. Pemalang)	2.475	103,68	7,20	159,63	11,84
2	Kutoarjo-Bruno Bts Kab Wonosobo Ruas 162	180	125,28	8,64	190,48	14,13
3	Cawas – Krendetan – Watukelir Ruas 232	1.692	38,88	2,88	67,09	4,98
4	Sungkono Ruas 149 k13 (Purbalingga)	5.468	103,68	7,20	159,63	11,84
5	Ketanggungan-Songgom Bts Kab Brebes Ruas 134	1.800	104,54	7,26	160,87	11,93
6	Lingkar Selatan Pati Ruas 211	1.701	125,28	8,64	190,48	14,13
7	Demak-Godong Ruas 197	3.141	114,48	7,92	175,06	12,99
8	Godong – Purwodadi Ruas 128	1.991	55,08	3,96	90,22	6,69
9	Gubug-Kapung-Kedungjati/ Bts Kab Semarang Ruas 190	3.591	125,28	8,64	190,48	14,13
	Rata-rata		99,58	6,93	153,77	11,41



**Tabel 7.** Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub>) Perkerasan Komposit

No	Pekerjaan Jalan	Vol (m <sup>3</sup> )	Metode Estimasi		Metode Konversi	
			Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	GHG (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	GHG (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
1	Lemahbang-Kaloran Bts Kab Temanggung Ruas 187	5.212	203,87	15,53	159,48	11,83
2	Muntilan - Klamong Bts Prov DIY Ruas 185	3.812	359,29	27,66	204,14	15,14
3	Wiradesa- Kalibening Bts Kab Banjarnegara Ruas 102	1.618	533,73	41,50	230,89	17,13
4	Parakan-Patean/ Bts. Kab. Temanggung Ruas 176	2.147	225,85	17,22	174,21	12,92
5	Bumiayu-Salem/ Bts Kab Brebes Ruas 139	1.500	258,14	19,55	212,21	15,74
6	Kaliori-Patikraja Ruas 151	1.595	131,25	10,21	100,55	7,46
7	Andong/ Bts. Kab. Sragen-Karanggede- Bts. Kab. Semarang Ruas 193	1.525	60,33	4,60	67,04	4,97
8	Semarang-Godong Ruas 127	1.993	278,81	21,22	210,54	15,62
9	Salatiga-Kedungjati/ Bts. Kab. Grobogan Ruas 189	1.330	389,01	30,36	190,93	14,16
	Rata-rata		271,14	20,87	172,22	12,78

**Perbandingan Hasil Antar Perkerasan**

Dari hasil di atas dapat diketahui berapa rata-rata konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) untuk tiap jenis perkerasan, disajikan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 8.** Rata-rata konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>)

No	Perk. Lentur	Perk. Kaku	Perk. Komposit
Metode Estimasi dengan <i>Tabel Energy Use and GHG Emissions For Pavement Construction</i>			
Konsumsi Energi (MJ/m <sup>3</sup> )	739,63	99,58	271,14
GHG (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	57,77	6,93	20,87
Metode Konversi Bahan Bakar			
Konsumsi Energi (MJ.m <sup>3</sup> )	277,59	153,77	172,22
GHG (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	20,59	11,41	12,78

Kedua metode di atas seperti terlihat dalam tabel menghasilkan angka yang sangat berbeda dikarenakan koefisien yang digunakan untuk metode energy use and ghg emissions for pavement construction adalah koefisien global. Indonesia belum memiliki koefisien sendiri untuk konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) sehingga yang digunakan adalah koefisien dari tabel energy use and ghg emissions for pavement construction.

**KESIMPULAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan, bisa didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan lentur menghasilkan konsumsi energi 508,61 MJ/m<sup>3</sup> dan emisi gas rumah kaca 39,18 kgCO<sub>2</sub>. Untuk perkerasan jalan kaku dihasilkan konsumsi energi 126,67 MJ/m<sup>3</sup> dan emisi gas rumah kaca 9,17 kgCO<sub>2</sub>. Sedangkan untuk perkerasan komposit dihasilkan konsumsi energi 221,68 MJ/m<sup>3</sup> dan emisi gas rumah kaca 16,83 kgCO<sub>2</sub>.
2. Jumlah konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) pada proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan lentur mencapai lebih dari 2 (dua) kali lipat perkerasan jalan komposit.
3. Jumlah konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) pada proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan komposit hampir mencapai 2 (dua) kali lipat perkerasan jalan kaku.
4. Jumlah konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) pada proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan lentur hampir mencapai 5 (lima) kali lipat perkerasan jalan kaku.



## REFERENSI

- Conseil International du Batiment (CIB), 1999, Agenda 21 on Sustainable Construction, CIB Report Publication 237.
- Chappat, M. & Bilal, J (2003). The Enviromental Road of the Future: Life Cycle Analysis, Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions. Colas Group. 2003. <http://www.colas.uk/about-colas-detail.asp?pageId=14>.
- ECRPD (2010). Energy conservation in road pavement design, maintenance and utilisation, Intelligent Energy Europe, Feb 2010, [www.roadtechnology.se/ecrpd.eu](http://www.roadtechnology.se/ecrpd.eu)
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, (2007), Climate Change 2007: Synthesis Report, IPCC Plenary XXVIII, Valencia, 12-17 November 2007.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup, (2004-2007), The State of Environment Report in Indonesia, Jakarta.
- Kusumawardani, Deni (2009). Emisi CO2 dari Penggunaan Energi di Indonesia: Perbandingan Antar Sektor. Jurnal. Unair. Malang
- Rajagopalan, N.(2007). Environmental Life Cycle Assesment of Highway Construction Project, Thesis, Master of Science in Civil Engineering, Texas A&M University.
- Sarwono, Djoko dkk (1996). Analisis Dampak Lingkungan Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Dalam Bagian Timur Surabaya. ITB. Bandung
- Sudjana. 2005. Metoda Statistik. Bandung: Tarsito.
- US-EPA, 2009, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2007, <http://www.epa.gov>.