perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO_2) PADA KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR

The Comparation of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission for Flexible Pavement Construction

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Surakarta

Disusun oleh:

YUSUF ZULIANTO
NIM I 0108239

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2012

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

HALAMAN PERSETUJUAN

PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO_2) PADA KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR

The Comparation of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission for Flexible Pavement Construction

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Disusun Oleh :

YUSUF ZULIANTO
NIM I. 0108239

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Ary Setyawan, MSc, PhD	**Ir. Djoko Sarwono, MT**
NIP. 19661204 199512 2 001	**NIP. 19600415 199201 1 001**

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO_2) PADA KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR

The Comparation of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission for Flexible Pavement Construction

SKRIPSI

Disusun Oleh :

YUSUF ZULIANTO
NIM I. 0108239

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada :

Hari : Senin
Tanggal : 05 November 2012

Ir. Ary Setyawan, MSc, PhD .....
NIP. 19661204 199512 2 001

Ir. Djoko Sarwono, MT .....
NIP. 19600415 199201 1 001

Ir. Djumari, MT .....
NIP. 19571020 198702 1 001

Ir. Koosdaryani S., MT .....
NIP. 19541127 198601 2 001

Mengesahkan,
Ketua Jurusan
Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

Ir. Bambang Santosa, MT
NIP. 19590823 198601 1 001

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

MOTTO

"Jika Kita Berusaha Pasti Akan Ada Jalan"

PERSEMBAHAN

- Mama dan Papa, yang telah menyanyangi, mencintai, membimbing dan merawat ku dari kecil hingga sekarang.
- Kakak ku Yusi Maryatun, dan adik ku Yusfia Marsha Azahra.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
MOTTO iv
PERSEMBAHAN iv
ABSTRAK iv
ABSTRACT ..... **Error! Bookmark not defined.**
KATA PENGANTAR ..... **Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL xv
BAB 1 PENDAHULUAN ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.1 Latar Belakang ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.2 Rumusan Masalah ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB 2 LANDASAN TEORI 6
2.1 Tinjauan Pustaka 6
2.2 Dasar Teori 8
2.2.1 Lapis Perkerasan Lentur 8
2.2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur 8
2.2.2.1 Tahap Produksi Campuran Aspal 11
2.2.2.2 Tahap Transportasi ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2.2.3 Tahap Konstruksi 12
2.2.3 Metode Estimasi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) 12
2.2.3.1 Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* 13
2.2.3.2 Konversi Konsumsi Bahan Bakar 18
2.2.4 Perbandingan Matematis 20
BAB 3 METODE PENELITIAN 22
3.1 Metode Penelitian 22
3.2 Lokasi Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

3.4 Sumber Data 24
3.5 Tahapan Penelitian 25
3.6 Analisis Data 26
3.6 Diagram Penelitian 27
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 29
4.1 Umum 29
4.2 Pengolahan dan Penyajian Data 30
4.2.1 Pengumpulan Data 30
4.2.2 Pengolahan Data 36
4.2.2.1 Kebutuhan Campuran Aspal 36
4.2.2.2 Konsumsi Bahan Bakar 37
4.3 Estimasi Konsumsi Energi Dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) 40
4.3.1 Perhitungan Dengan Tabel *Energy Use and GHG Emission for Pavement Contruction* 40
4.3.1.1 Tahap Produksi Campuran Aspal 40
4.3.1.2 Tahap Transportasi 42
4.3.1.3 Tahap Konstruksi 44
4.3.1.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Tabel *Energy Use and GHG Emission for Pavement Construction* 46
4.3.2 Konversi Konsumsi Bahan Bakar 49
4.3.2.1 Tahap Produksi Campuran Aspal 49
4.3.2.2 Tahap Transportasi 51
4.3.2.3 Tahap Konstruksi 53
4.3.1.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Konversi Konsumsi Bahan Bakar 55
4.4 Perbandingan 58
4.4.1 Selisih dan Perbandingan Konsumsi Energi 59
4.4.1 Selisih dan Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) 61
4.5 Pembahasan 65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 68
5.1 Kesimpulan 68
5.2 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 E*nergy Use for Pavement Construction* (Colas.Inc, 2003).....13
Tabel 2.2 *GHG Emissions for Pavement Construction* (Colas.Inc, 2003*)*. 15
Tabel 2.3 Faktor Konversi Energi dan Faktor Emisi (IPCC).....18
Tabel 4.1. Data Berat Jenis Campuran Aspal.....30
Tabel 4.2. Data Teknis Jalan. 31
Tabel 4.3. Data jarak AMP ke Lokasi Proyek.....32
Tabel 4.4. Data Konsumsi Bahan Bakar.....35
Tabel 4.5. Rekapitulasi pada Tahap Produksi Campuran Aspal 43
Tabel 4.6. Rekapitulasi pada Tahap Transportasi.....43
Tabel 4.7. Rekapitulasi pada Tahap Konstruksi.....45
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan dengan Tabel *Energy Use and GHG Emission for Pavement Construction*.....46
Tabel 4.9 Rekapitulasi pada Tahap Produksi Campuran Aspal 47
Tabel 4.10 Rekapitulasi pada Tahap Transportasi.....52
Tabel 4.11 Rekapitulasi pada Tahap Konstruksi.....54
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Konversi Bahan Bakar 55
Tabel 4.13 Rekapitulasi Perbandingan Konsumsi Energi 60
Tabel 4-14 Rekapitulasi Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2).....62
Tabel 4.15 Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Konsumsi Energi per ton.....63
Tabel 4.16. Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) per ton.....64

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan 8
Gambar 2.2 Emisi gas rumah kaca (CO_2) pada proses konstruksi perkerasan jalan 9
Gambar 2.3 Siklus hidup material perkerasan jalan (Miller & Bahia, 2009) 10
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian 28
Gambar 4.1 Potongan Melintang Jalan 31
Gambar 4.2 Jarak AMP ke Lokasi Proyek 32
Gambar 4.3 *Asphalt Mixing Plant* 33
Gambar 4.4 *Dump Truck* 33
Gambar 4.5 *Asphalt Paver* 34
Gambar 4.6 *Tandem Roller* 34
Gambar 4.7 *Tire Roller* 35
Gambar 4.8 Grafik Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Tabel *Energy Use and GHG Emission for Pavement Construction* 47
Gambar 4.9 Diagram Prosentase Hasil Perhitungan Konsumsi Energi dengan Tabel *Energy Use and GHG Emission for Pavement Construction* 48
Gambar 4.10 Diagram Rekapitulasi Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO2) dengan tabel *Energy Use and GHG Emission for Pavement Construction* 48
Gambar 4.11 Grafik Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Konversi Bahan Bakar 56
Gambar 4.12 Diagram Persentase Hasil Perhitungan Konsumsi energi dengan Konversi Bahan Bakar 57
Gambar 4.13 Diagram Persentase Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO2) dengan Konversi Bahan Bakar 57
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Konsumsi Energi Per ton 63
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) Per ton 53

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A – Peta Lokasi Penelitian

Lampiran B – Data Teknis Proyek Jalan Cemoro Sewu

Lampiran C – Data Konsumsi Bahan Bakar

Lampiran D – Hasil Perhitungan

Lampiran E – Surat-Surat Skripsi

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

E = Konsumsi Energi (MJ)

GHG = Emisi Gas Rumah Kaca ($kgCO_2$)

W_{ca} = Berat Campuran Aspal (ton)

α_e = Angka Koefisien dari tabel energi (MJ/ton)

α_g = Angka Koefisien dari tabel GHG ($kgCO_2$/ton)

p = Panjang jalan (m)

l = Lebar jalan (m)

t = tebal lapisan jalan aspal (m)

Bj = Berat jenis campuran aspal

K_b = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

Cv = *Calorific Value* (MJ/liter)

Fe = Faktor Emisi ($kgCO_2$/liter)

AMP = *Asphalt Mixing Plant*

K_{AMP} = Konsusmsi bahan bakar AMP (liter/ton)

$K1_{truck}$ = Konsumsi bahan bakar untuk 1 truck (liter/km)

K_{truck} = Konsusmsi bahan bakar truk (liter/km)

a = Kapasitas *dump truck* (ton)

J_{truck} = Jumlah *dump truck*

s = Jarak AMP ke lokasi proyek (km)

Kt_{ap} = Total konsumsi bahan bakar *asphalt paver* (liter/ton)

Kt_{td} = Total konsumsi bahan bakar *tandem roller* (liter/ton)

Kt_{tr} = Total konsumsi bahan bakar *tire roller* (liter/ton)

K_{ap} = Konsumsi bahan bakar *asphalt paver* (liter/ton)

K_{td} = Konsumsi bahan bakar *tandem roller* (liter/ton)

K_{tr} = Konsumsi bahan bakar *tire roller* (liter/ton)

IPCC = *Intergovermental Panel on Climate Change*

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul Perbandingan Konsumsi Energi Dan Emisi Gas Rumah Kaca (Co_2) Pada Konstruksi Perkerasan Lentur. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad saw., keluarganya, para sahabat, serta generasi pelanjut estafet perjuangan beliau.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus ditempuh guna meraih gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari pihak-pihak yang ada di sekitar penulis, karena itu dalam kesempatan ini penulis harus menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada yang tertera di bawah ini :

1. Segenap Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Segenap Pimpinan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir. Ary Setyawan, MSc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Skripsi penulis.
4. Ir. Djoko Sarwono, MT selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.
5. Dr.Ir. Mamok S,M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademis.
6. Tim Penguji ujian pendadaran skripsi.
7. Semua Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
8. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan selama ini.
9. Teman-teman sipil 2008. Terimakasih atas bantuan dan dukungan selama ini.
10. Seluruh civitas akademika Teknik Sipil UNS. Terimakasih atas bantuannya selama ini.
11. Dan semua yang pernah hadir dalam kehidupanku yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terimakasih atas segalanya.

Penulis menyadari tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa mendatang dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Oktober 2012

Penulis

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

ABSTRAK

Yusuf Zulianto, 2012. ***PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO_2) PADA KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR***. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Pemanasan global (*global warming*) dan krisis iklim (*climate crisis*) adalah dua isu global yang semakin sering didengungkan oleh berbagai pihak belakangan ini. Penyebab utama dari pemanasan global adalah konsumsi energi dan efek gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, kendaraan bermotor, pabrik modern, peternakan serta pembangkit tenaga listrik. Salah satunya adalah konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca untuk industri konstruksi, yang juga mendapatkan perhatian lebih di tahun terakhir ini. Di Indonesia penelitian yang berhubungan dengan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca masih sangat minim, khususnya dalam bidang konstruksi perkerasan jalan raya. Perlu diadakan penelitian mengenai konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dalam suatu proses konstruksi perkerasan jalan raya.

Penelitian ini menggunakan dua metode untuk mengestimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2), 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 campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap konstruksi.

Berdasarkan analisis perbandingan yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) dengan metode konversi bahan bakar lebih besar hasilnya dibandingkan dengan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction,* yaitu terdapat selisih sebesar 410.949,042 MJ (konsumsi energi) dan 24.008,980 kg (emisi CO_2). Selisih yang terjadi ini disebabkan karena faktor umur dari mesin dan alat yang digunakan. Selain itu, jika nantinya akan digunakan di Indonesia, maka metode yang lebih tepat digunakan yaitu metode konversi konsumsi bahan bakar karena langsung mengetahui kebutuhan bahan bakar yang digunakan sesuai dengan kondisi dari mesin dan alat yang digunakan saat ini, sehingga hasil yang diperoleh akan mendekati dengan kondisi yang sebenarnya.

Kata Kunci : Konsumsi energi, Gas rumah kaca (CO_2), Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*, Konversi bahan bakar

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN EMISI GAS RUMAH KACA (CO_2) PADA KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR

The Comparation of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission for Flexible Pavement Construction

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Di Susun Oleh :

YUSUF ZULIANTO

NIM. I 0108239

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA

2012

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) dan krisis iklim (c*limate crisis*) adalah dua isu global yang semakin sering didengungkan oleh berbagai pihak belakangan ini. Peningkatan suhu bumi yang semakin panas dari tahun ke tahun, serta makin banyaknya bencana dan fenomena alam yang cenderung semakin tidak terkendali, seperti banjir, puting beliung, semburan gas, hingga curah hujan yang tidak menentu menjadi alasan utama isu ini semakin gencar dibahas. Penyebab utama dari pemanasan global adalah penggunaan energi dan efek gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, kendaraan bermotor, pabrik modern, peternakan serta pembangkit tenaga listrik. Salah satunya adalah penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca untuk industri konstruksi, yang juga mendapatkan perhatian lebih di tahun terakhir ini.

Istilah – istilah seperti pembangunan berkelanjutan, efisiensi energi, menjadi lebih luas diakui dan digunakan dalam bidang konstruksi, contohnya adalah dalam konstruksi perkerasan jalan raya. Dalam konstruksi, rehabilitasi, dan pemeliharaan perkerasan jalan raya membutuhkan kegiatan-kegiatan seperti pengolahan, pengangkutan dan penempatan bahan material dalam jumlah yang besar. Kegiatan ini membutuhkan energi dan menghasilkan gas rumah kaca seperti CO2. Inovasi dalam konstruksi perkerasan jalan yang bertema hijau mulai bermunculan dan sudah mulai diterapkan di Indonesia, seperti *Pavement Recycling* (daur ulang perkerasan). Inovasi *Pavement Recycling* ini

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

menggunakan bahan material lama untuk diolah dan dijadikan bahan material untuk konstruksi perkerasan baru. Dengan inovasi tersebut jumlah energi yang digunakan dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan akan berbeda jumlahnya.

Pemerintah sebagai *stekholder* mempunyai peranan penting dalam upaya pengurangan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada konstruksi perkerasan jalan raya, salah satunya pada konstruksi jalan Cemoro Sewu. Jalan Cemoro Sewu merupakan jalan yang menghubungkan antara Magetan dengan Karang Anyar dipilih sebagai studi kasus penelitian dikarenakan data yang diperlukan untuk penelitian mengenai konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca masih mudah diperoleh. Selain itu dipilihnya jalan Cemoro Sewu karena kondisi udara dan lingkungan di sekitarnya masih baik, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui efek dari emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dari konstruksi jalan Cemoro Sewu.

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 mengenai batasan maksimum penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO_2.

Penelitian di Indonesia yang berhubungan dengan penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca masih sangat minim, khususnya dalam bidang konstruksi perkerasan jalan raya. Penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya hanya mengestimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada suatu AMP, sehingga perlu diadakan penelitian mengenai konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dalam suatu proses konstruksi perkerasan jalan raya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

seberapa banyak energi yang digunakan dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dalam konstruksi perkerasan di jalan Cemoro Sewu dengan menggunakan Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode dari IPCC (*Intergovermental Panel on Climate Change*) yaitu konversi energi dan emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi di bidang konstruksi jalan yang berwawasan lingkungan khususnya dalam konsumsi energi dan emisi gas rumaha kaca (CO_2).

1.2. Rumusan Masalah

Dari sekilas uraian latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Berapakah energi yang digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan Cemoro Sewu ?
2. Berapakah emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dalam proses konstruksi perkerasan jalan Cemoro Sewu ?
3. Pada tahap manakah yang mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO2) terbesar ?
4. Bagaimanakah perbandingan hasil antara Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dengan metode konversi energi dan emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar (IPCC).

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil penulis pada penyusunan skripsi ini sebagai berikut:

1. Lokasi yang ditinjau adalah pada konstruksi perkerasan jalan di jalan Cemoro Sewu paket Karanganyar-Cemoro Sewu sepanjang 5375 m dari STA 0+925 sampai 6+300.
2. Proses yang ditinjau adalah pada tahap produksi campuran aspal, transportasi, dan proses pengaspalan, sedangkan proses produksi material, persiapan dan pembersihan lahan diabaikan.
3. Perhitungan penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan menggunakan Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode konversi energi dan emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar (IPCC).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konsumsi energi pada proses konstruksi perkerasan jalan raya di jalan Cemoro Sewu.
2. Mengetahui emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan pada proses konstruksi perkerasan jalan raya di jalan Cemoro Sewu.
3. Mengetahui tahap yang paling besar mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2).
4. Mengetahui perbandingan hasil antara Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dengan metode konversi energi dan emisi berdasarkan konsumsi bahan bakar (IPCC).

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Teoritis

Dapat memberikan tambahan wacana dan referensi terkait penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca dibidang perkerasan jalan raya.

1.5.2. Manfaat Praktis

Dapat dijadikan sebagai pedoman dalam konstruksi jalan yang berwawasan lingkungan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penggunaan energi di sektor transportasi cukup besar, sekitar 30% dari total penggunaan energi di Eropa. Diperlukan langkah-langkah untuk mengurangi penggunaan energi dan efek emisi gas rumah kaca. Sejauh ini, perhatian lebih ditujukan pada pengembangan bahan bakar terbarukan dan mesin yang lebih efisien dalam bahan bakar. Padahal aspek lain dari infrastruktur jalan, seperti konstruksi dan pemeliharaan, juga menggunakan energi yang cukup banyak (ECRPD, 2010).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) mengelompokkan GHG menjadi: *carbon dioxide (CO2), methane (CH4), dinitro oxide (N2O); hydrofluorocarbon (HFCs), perfluorocarbon (PFCs), and sulphur hexafluoride (SF6)* . Dari keenam jenis GHG tersebut, CO2 memberikan kontribusi terbesar terhadap konsentrasi GHG (MenLH, 2007).

Meningkatnya GHG antara tahun 1970-2004 berasal dari penggunaan energi, transportasi, dan industri, sedangkan sektor pemukiman dan komersial, kehutanan, dan pertanian mempunyai kontribusi yang relatif kecil (IPCC 2007).

Penelitian yang dilakukan oleh US-EPA menunjukkan bahwa sektor konstruksi menghasilkan sekitar 1.7% dari total emisi GRK atau ekivalen dengan 6% dari nilai emisi seluruh sektor industri. Angka tersebut masih belum termasuk industri pendukung konstruksi seperti industri semen, industri baja tulangan, industri kayu

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

dan sebagainya. Jika semua nilai emisi industri pendukung tersebut dimasukkan, maka sektor konstruksi berkontribusi 20% dari keseluruhan emisi sektor industri, yaitu setara dengan 0.4 juta ton emisi CO_2 (US-EPA 2009).

Hasil penelitian ECRPD menunjukkan bahwa produksi campuran aspal dan komponennya merupakan tahap yang paling banyak mengkonsumsi energi, sekitar 70% dari seluruh energi yang dibutuhkan adalah karena proses produksi (ECRPD, 2010).

Fakta lain di Uni-Eropa menunjukkan bahwa produk dan proses konstruksi merupakan pengkonsumsi energi yang terbesar. Bangunan gedung dan fasilitas infrastruktur fisik lain diperkirakan menghasilkan 30% emisi CO2 dan mengkonsumsi 40% dari total energi dan air bersih (CIB, 1999).

Khusus pada konstruksi jalan, sebuah penelitian tentang *life cycle assessment* terhadap dampak lingkungan pekerjaan pembangunan jalan baru di Texas Amerika Serikat, menyimpulkan bahwa terdapat emisi 185.6 ton CO_2 pada pembangunan 3.2 mil proyek jalan tersebut (Rajagopalan, 2007).

commit to user

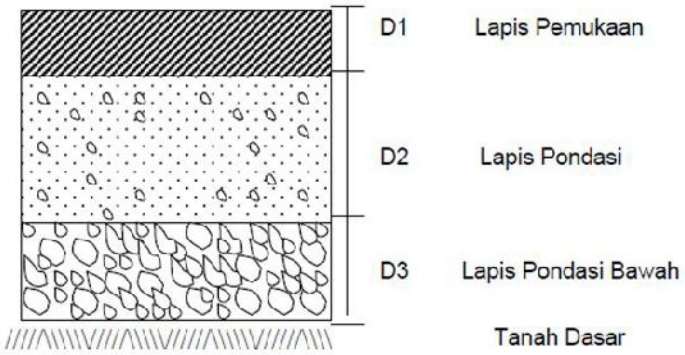
perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Lapis Perkerasan Lentur

Lapisan perkerasan adalah adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang telah dipersiapkan dengan pemadatan dan berfungsi sebagai pemikul beban di atasnya dan kemudian disebarkan ke badan jalan (tanah dasar).

Struktur lapisan jalan pada umumnya terdiri dari lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Sedangkan susunan lapis perkerasan adalah seperti diperlihatkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan

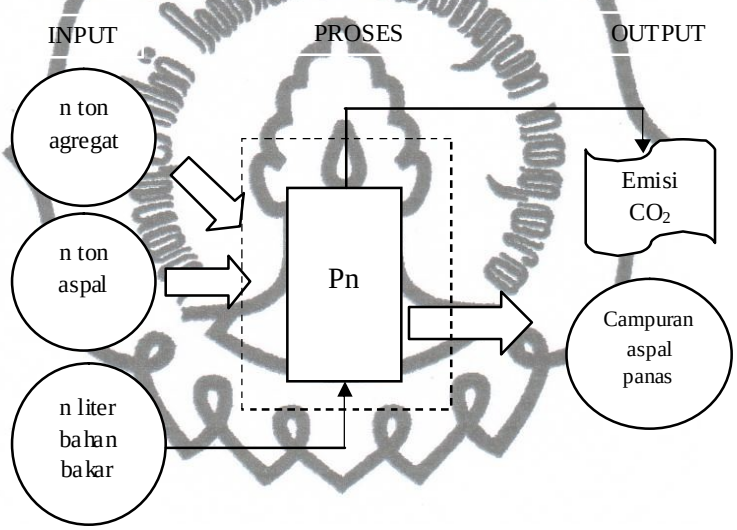
2.2.2. Pekerjaan Konstruksi Perkerasan Lentur

Pekerjaan konstruksi perkerasan lentur atau biasa disebut pekerjaan pengaspalan jalan adalah salah satu kegiatan konstruksi yang banyak terjadi di Indonesia setiap tahunnya. Panjang jalan di Indonesia pada tahun 2008 secara keseluruhan mencapai 437.359 km dan dari keseluruhan jalan tersebut 59,1% menggunakan jenis perkerasan aspal (data Badan Pengeola Statistik). Pekerjaan konstruksi yang diduga

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

menghasilkan emisi gas rumah kaca terbesar adalah pekerjaan konstruksi jalan khususnya dengan metode campuran panas, ini disebabkan karena metode campuran panas mensyaratkan material yang digunakan harus bersuhu tinggi (>100°C), sehingga energi yang dibutuhkan pada pengolahan campuran aspal panas lebih besar. Energi tersebut terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. **Gambar 2.2** menerangkan secara umum kemungkinan emisi gas rumah kaca pada proses yang tercakup pada pekerjaan perkerasan jalan sebagai reaksi pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon $C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$.

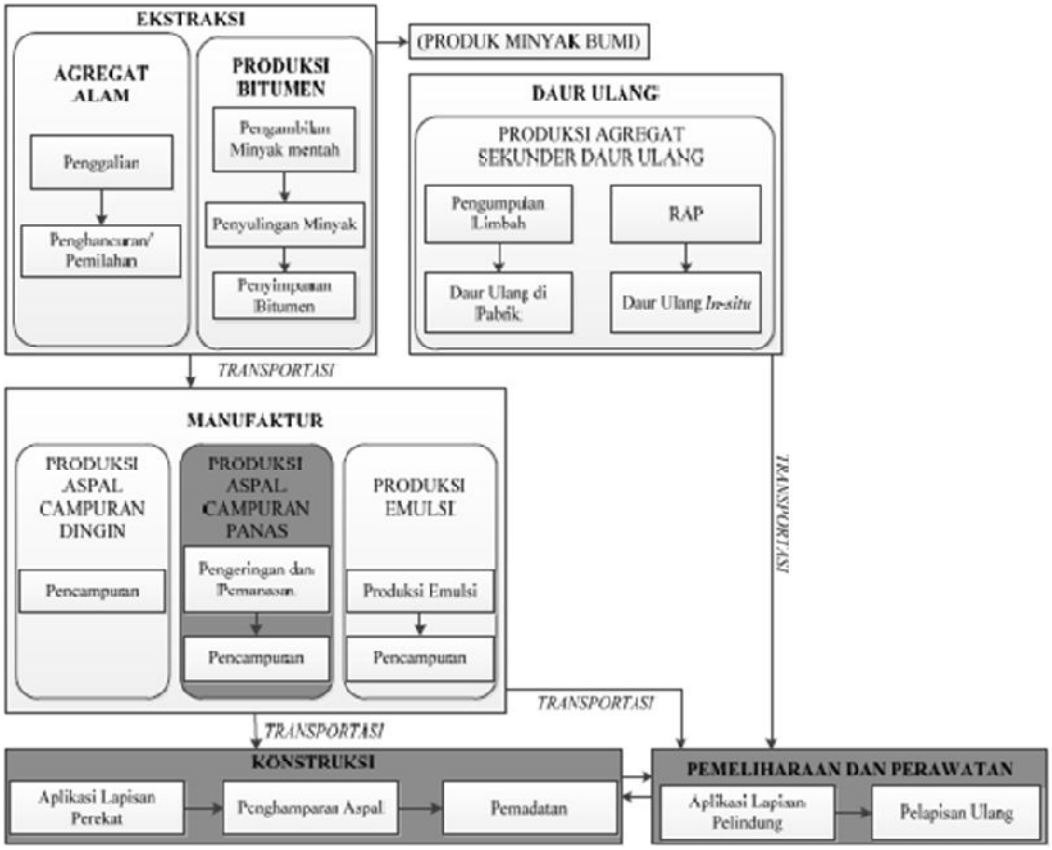


Gambar 2.2 Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) pada Proses Konstruksi Perkerasan Jalan (Wirahadikusumah, 2011)

Siklus dari keseluruhan suatu material perkerasan jalan sangat panjang yaitu dimulai dari pengambilan material dari alam dan berakhir sampai menjadi material perkerasan jalan terpasang. Seperti diuraikan oleh Miller dan Bahia (2009) dalam **Gambar 2.3**, keseluruhan siklus tersebut melibatkan berbagai pelaku sektor industri termasuk pertambangan, manufaktur, dan konstruksi.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id



Gambar 2.3 Siklus Hidup Material Perkerasan Jalan (Miller & Bahia, 2009)

Kajian analisis estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada penelitian ini dibatasi pada kegiatan yang terkait langsung pada sektor konstruksi. Bagian siklus yang diamati terdiri dari tiga tahapan yaitu: 1.) Tahap produksi campuran aspal. 2.) Tahap transportasi material, dan 3.) Tahap pelaksanaan pekerjaan pengaspalan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2.2.2.1 Tahap Produksi Campuran Aspal

Pengolahan material untuk konstruksi perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis, diantaranya *High Modulus Asphalt* (HMA), *Warm Mix Asphalt, Cold Mix Asphalt*. Untuk campuran aspal panas, proses pencampuran material di AMP *(Asphalt Mixing Plant)* tipe *batch mixing plant* dimulai dengan pemindahan material agregat dengan 4 jenis ukuran yang berbeda dari lokasi penimbunan ke *cold* bins dengan menggunakan alat berat *loader*. Selanjutnya, agregat dipindahkan lagi dengan *coveyor belt* ke dalam tabung pengering (*dryer drum*), kemudian agregat dipanaskan dengan cara dibakar pada suhu 160°C s.d. 200°C. Proses selanjutnya adalah pemindahan agregat yang telah dipanaskan melalui *hot elevator* menuju saringan (*screener*) dan agregat yang sudah tersaring masuk ke dalam *hot bins* sesuai dengan ukuran yang berbeda-beda. Dari *hot bins* agregat masuk ke dalam timbangan yang dapat mengatur komposisi agregat yang akan dicampur dalam pengaduk (*mixer*) dengan aspal panas.

2.2.2.2 Tahap Transportasi

Penggunaan energi untuk transportasi/pengangkutan dalam konstruksi perkerasan jalan adalah jumlah energi yang digunakan untuk mengangkut campuran asphalt dari tempat pengolahan ke lokasi proyek. Pada umumnya proses pengangkutan menggunakan truk pengangkut (*dump truck*). Campuran aspal dari *mixer* langsung dimuat ke dalam truk pengangkut yang menunggu dibawah *mixer*. Selanjutnya truk yang sudah penuh melawati jembatan timbang yang berada dipintu luar AMP dan kemudian mengangkut campuran aspal panas ke lokasi proyek. Penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO2 sangat tergantung dari jarak antara tempat pengolahan dan lokasi proyek dan jumlah campuran asphalt yang dipindahkan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2.2.2.3 Tahap Pengaspalan

Kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam tahap pengaspalan adalah adalah penghamparan, pemadatan, finishing, pembersihan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi pengaspalan, biasanya ada beberapa peralatan yang digunakan yaitu peralatan penghamparan aspal (*asphalt paver*), peralatan pemadatan aspal (*tandem roller* dan *tire roller*), compressor udara sebagai alat untuk pembersihan permukaan perkerasan, serta beberapa peralatan pendukung (*Asphalt Institute, 1983*).

2.2.3 Metode Estimasi Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Emisi gas rumah kaca adalah hasil pembakaran bahan bakar yang terdiri dari karbon dioksida (CO_2) metana (CH_4), dan nitro dioksida (N_2O). Hampir semua karbon yang terkandung pada minyak dikonversi menjadi CO_2 pada proses pembakaran bahan bakar minyak. Konversi tersebut relatif tergantung pada konfigurasi pembakaran karena emisi karbon monoksida (CO) akan mengurangi emisi CO2, namun jumlah CO yang dihasilkan sangat kecil bila dibandingkan dengan jumlah CO2 yang diproduksi. Metana (CH4) dihasilkan dalam jumlah yang tidak signifikan pada suatu proses pembakaran. Sama halnya dengan CO, metana hanya terbentuk pada pembakaran yang tidak sempurna, yaitu pembakaran yang terjadi pada temperatur rendah yang biasanya terjadi pada awal dan akhir dari siklus pembakaran. Sedangkan dinitro oksida (N2O) terbentuk dalam reaksi kompleks pembakaran yaitu terjadi apabila temperatur pembakaran tinggi (di atas 14750F). Jumlah N2O yang dihasilkan lebih kecil dari 1% dari total emisi suatu proses pembakaran (Pakrasi & Davis, 2000).

Karena komponen gas rumah kaca yang paling dominan dihasilkan pada pembakaran bahan bakar adalah gas CO_2, maka emisi gas rumah kaca yang ditinjau hanya gas CO_2. Dalam penelitian ini digunakan 2 metode untuk menghitung konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yaitu dengan menggunakan Tabel *Energy Use and*

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

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

2.2.3.1 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 Michel Chappat dan Julian Bilal. Tabel ini berisikan data penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO_2 dalam konstruksi perkerasan jalan. Berikut ini Tabel dari Colas.Inc yang akan digunakan pada penelitian ini. Tabel *Energy Use for Pavement Contruction* akan disajikan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 *Energy Use for Pavement Contruction*

Energy Consumption (MJ/t) for Each Type of Product						
Product	*Binders*	*Aggregates*	*Manufacture*	*Transport*	*Laying*	Total (MJ/t)
Bituminous Concrete	279	38	275	79	9	680
Road Base Asphalt Concrete	196	36	275	75	9	591
High Modulus Asphalt Concrete	284	38	289	79	9	699
Warm Mix Asphalt Concrete	294	38	234	80	9	654
Emulsion Bound Aggregate	227	37	14	81	6	365
Cold Mix Asphalt	314	36	14	86	6	457
Cement-Bound Material	200	32	14	67	6	319
Cement-Bound Material & AJ	203	32	14	67	6	323
Aggregate w/Hydraulic Road Binder	50	29	14	61	6	160

(berlanjut)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2.1 *Energy Use for Pavement Contruction* (lanjutan)

Aggregate w/Hydraulic Road Binder & AJ	54	29	14	61	6	164
Cement Concrete Slabs Witouth Dowels	598	40	14	84	2,2	738
Continuous Reinforced Concrete	1100	29	14	81	2,2	1226
Untreated Granular Material	0	40	-	68	6	113
Soil Treated In-situ w/lime + Cement	63	0	-	7	12	81
Thermo-Recycling	98	4	-	12	456	570
Concrete Bituminous w/10% RAP	250	35	275	73	9	642
Road Base Asphalt Concrete w/20% RAP	157	33	275	64	9	538
Road Base Asphalt Concrete w/30% RAP	137	39	275	58	9	510
Road Base Asphalt Concrete w/50% RAP	98	25	275	47	9	454
Emulsion in-situ Recycling	105	4	-	15	15	139

Sumber : (Chappat and Bilal,2003)

Perhitungan yang digunakan untuk estimasi konsumsi energi adalah dengan mengkonversikan nilai tabel di atas dengan berat (ton) campuran aspal yang digunakan sesuai dengan masing-masing tahapannya. Untuk mendapatkan angka konsumsi energi dalam MJ maka perhitungannya menggunakan **rumus (2.1**)

$$E = W_{ca} \times \alpha_e \quad \text{..... (2.1)}$$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Dimana $W_{ca} = p \times l \times t \times Bj$ ……..…..…..… **(2.2)**

Dengan:

E = Konsumsi Energi (MJ)

W_{ca} = Berat Campuran Aspal (ton)

α_e = Angka Koefisien dari tabel energi (MJ/ton)

p = Panjang jalan (m)

l = Lebar jalan (m)

t = tebal lapisan jalan aspal (m)

Bj = Berat jenis campuran aspal

Tabel selanjutnya yang digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca (CO_2) yaitu tabel *GHG Emissions for Pavement Construction.* Tabel *GHG Emissions for Pavement Construction* akan disajikan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 *GHG Emissions for Pavement Construction*

Greenhouse Gas Emissions (Kg/t) for Each Type of Product						
Product	*Binders*	*Aggregates*	*Manufacture*	*Transport*	*Laying*	Total (Kg/t)
Bituminous Concrete	16	9,4	22	5,3	0,6	54
Road Base Asphalt Concrete	11	7,6	22	5,3	0,6	47
High Modulus Asphalt Concrete	17	9,4	23,1	5,0	0,6	55
Warm Mix Asphalt Concrete	17	9,4	20,5	5,3	0,6	53
Emulsion Bound Aggregate	14	9,4	1	5,4	0,4	30
Cold Mix Asphalt	20	9,1	1	5,7	0,4	36
Cement-Bound Material	39	5,7	1	4,5	0,4	51

(berlanjut)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 2.2 *GHG Emissions for Pavement Construction* (lanjutan)

Cement-Bound Material & AJ	40	5,7	1	4,5	0,4	51
Aggregate w/Hydraulic Road Binder	10	5,1	1	4,1	0,4	20
Aggregate w/Hydraulic Road Binder & AJ	10	5,7	1	4,5	0,4	22
Cement Concrete Slabs Witouth Dowels	118	9,6	1	5,6	0,2	134
Continuous Reinforced Concrete	188	5,1	1	5,4	0,2	200
Untreated Granular Material	0	9,6	-	4,5	0,4	15
Soil Treated In-situ w/lime + Cement	12	-	-	0,5	1,1	14
Thermo-Recycling	6	1	-	0,8	34,2	42
Concrete Bituminous w/10% RAP	15	8,6	22	4,9	0,6	51
Road Base Asphalt Concrete w/20% RAP	9	7,8	22	4,3	0,6	44
Road Base Asphalt Concrete w/30% RAP	8	7	22	3,9	0,6	41
Road Base Asphalt Concrete w/50% RAP	6	5,2	22	3,1	0,6	37
Emulsion in-situ Recycling	7	1	1,1	1	0,4	10

Sumber : (Chappat and Bilal,2003)

Perhitungan yang digunakan untuk estimasi emisi gas rumah kaca (CO_2) adalah dengan mengkonversikan nilai tabel di atas dengan jumlah (ton) campuran aspal yang digunakan sesuai dengan masing-masing tahapannya. Untuk mendapatkan angka

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

emisi gas rumah kaca (CO_2) dalam Kg maka perhitungannya menggunakan **rumus (2.3)** seperti disajikan di bawah ini.

$$GHG = W_{ca} \times \alpha_g \quad \text{..... (2.3)}$$

Dengan:

GHG = Emisi Gas Rumah Kaca ($kgCO_2$)

W_{ca} = Berat Campuran Aspal (ton)

α_g = Angka Koefisien dari tabel GHG ($kgCO_2$/ton)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2.2.3.2 Konversi Konsumsi Bahan Bakar

Metode lain yang digunakan untuk menghitung penggunaan energi dan emisi gas rumah kaca CO_2 yang dihasilkan dalam konstruksi perkerasan jalan adalah dengan mengkonversi konsumsi bahan bakar yang digunakan menjadi energi dan gas rumah kaca CO_2. Konversi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada panduan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Berikut ini adalah tabel konversi yang akan digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 2.3 Faktor Konversi Energi dan Faktor Emisi

Jenis Bahan Bakar	*Density* (kg/ltr)	*Calorific Value* (MJ/ltr)	*Emission Factor* (kg CO_2/ltr)
Minyak Mentah (*Crude Oil*)	0.847	35.83	2.63
Solar (*Diesel Fuel*)	0.837	35.99	2.67

Sumber : IPCC

Perhitungan konsumsi energi mengunakan konversi bahan bakar ke satuan energi standar (*Joule*). Untuk mendapatkan angka konsumsi energi dalam setiap produksi material perkerasan, perhitungannya menggunakan **rumus (2.4)**.

$$E = K_b \times Cv \quad \text{.....(2.4)}$$

Dengan:

E = Konsumsi Energi (MJ)

K_b = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

Cv = *Calorific Value* (MJ/liter)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Komponen GRK (Gas Rumah Kaca) yang paling dominan dihasilkan pada pembakaran bahan bakar adalah gas karbon dioksida (CO_2), maka perhitungan konsumsi dan emisi didasarkan pada faktor emisi gas CO_2, yang mengacu pada panduan IPCC tahun 2006. Perhitungan jumlah emisi gas rumah kaca (CO_2) per-ton produksi material perkerasan, mengacu pada rumus pada panduan IPCC seperti dijelaskan pada **rumus (2.5)**

$$GHG = K_b \times Fe \quad \text{.....(2.5)}$$

Dengan:

GHG = Emisi Gas Rumah Kaca ($kgCO_2$)

K_b = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

Fe = Faktor Emisi ($kgCO_2$/liter)

Sedangkan untuk menghitung konsumsi bahan bakar untuk setiap tahapan akan mengunakan rumus yang berbeda beda. Ini dikarenakan fungsi dari mesin atau alat yang digunakan dalam proses pekerjaan jalan di Cemoro Sewu berbeda-beda.

1. Tahap Produksi Campuran Aspal

   Konsumsi bahan bakar pada tahap ini adalah kebutuhan bahan bakar yang digunakan AMP untuk memproduksi semua campuran aspal yang digunakan dalam pekerjaan jalan. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar pada tahap ini mengunaakan **rumus (2.6)** seperti di bawah ini.

   $$K_b = W_{ca} \times K_{AMP} \quad \text{.....(2.6)}$$

   Dengan:

   K_b = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

   W_{ca} = Berat Campuran Aspal (ton)

   K_{AMP} = Konsusmsi bahan bakar AMP (liter/ton)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2. Tahap Transportasi

Konsumsi bahan bakar pada tahap ini adalah kebutuhan bahan bakar yang digunakan oleh truk untuk mendistribusikan campuran aspal dari AMP ke lokasi proyek. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar pada tahap ini menggunakan **rumus (2.7)** seperti di bawah ini.

$$K_b = K1_{truk} \times J_{truk} \quad \text{..... (2.7)}$$

Dimana $K1_{truck} = s \times K_{truk}$ ..... **(2.8)**

$$J_{truk} = \frac{Wca}{a} \quad \text{..... (2.9)}$$

Dengan:

K_b = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

W_{ca} = Berat Campuran Aspal (ton)

$K1_{truk}$ = Konsumsi bahan bakar untuk 1 truck (liter/km)

K_{truk} = Konsusmsi bahan bakar truk (liter/km)

a = Kapasitas truk (ton)

J_{truk} = Jumlah truk

s = Jarak AMP ke lokasi proyek (km)

3. Tahap Pengaspalan

Konsumsi bahan bakar pada tahap pengaspalan ini adalah total kebutuhan bahan bakar yang digunakan oleh alat berat seperti, *tandem roller, tire roller,* dan *asphalt paver*. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar pada tahap ini digunakan **rumus (2.10)** di bawah ini.

$$K_b = Kt_{ap} + Kt_{td} + Kt_{tr} \quad \text{..... (2.10)}$$

Dimana $Kt_{ap} = W_{ca} \times K_{ap}$ ..... **(2.11)**

$Kt_{td} = W_{ca} \times K_{td}$ ..... **(2.12)**

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

$$Kt_{tr} = W_{ca} \times K_{tr} \quad \text{..... (2.13)}$$

Dengan:

K_b = Konsumsi Bahan Bakar (liter)

W_{ca} = Berat Campuran Aspal (ton)

Kt_{ap} = Total konsumsi bahan bakar *asphalt paver* (liter/ton)

Kt_{td} = Total konsumsi bahan bakar *tandem roller* (liter/ton)

Kt_{tr} = Total konsumsi bahan bakar *tire roller* (liter/ton)

K_{ap} = Konsumsi bahan bakar *asphalt paver* (liter/ton)

K_{td} = Konsumsi bahan bakar *tandem roller* (liter/ton)

K_{tr} = Konsumsi bahan bakar *tire roller* (liter/ton)

2.2.4 Perbandingan Matematis

Perbadingan matematis adalah perbandingan antara dua nilai atau lebih dari suatu besaran yang sejenis. Perbandingan matematis memiliki dua cara untuk mengetahui perbandingannya yaitu dengan mencari selisihnya dan dengan mencari hasil baginya. Untuk mencari perbandingan dengan selisih dan hasil bagi disajikan dalam rumus di bawah ini.

Selisih = hasil A – hasil B..... **(2.14)**

Hasil bagi = hasil A : hasil B ..... **(2.15)**

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian bertujuan untuk menghitung berapa energi yang dikonsumsi dan emisi gas rumah kaca CO2 yang dihasilkan dalam konstruksi perkerasan jalan raya di jalan Cemoro Sewu dengan menggunakan Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan Konversi Konsumsi Bahan Bakar. Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan data teknis proyek yang didapat dari konsultan dan kontraktor pelaksana kemudian dilakukan perhitungan sesuai dengan Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan Konversi Konsumsi Bahan Bakar, kemudian hasil yang didapat akan dianalisis dengan dibandingkan. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui berapa besarnya energi yang dikonsumsi serta emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dalam konstruksi perkerasan jalan raya di jalan Cemoro Sewu. Selain itu, dapat diketahui perbandingan hasil Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dengan Konversi Konsumsi Bahan Bakar. Selain dapat diketahui perbandingannya, pada hasil penelitian ini juga dapat diketahui pada tahap mana yang paling besar mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2), sehingga dapat disarankan hal-hal yang bisa dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada tahap tersebut.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di jalan Cemoro Sewu paket Karanganyar-Cemoro Sewu sepanjang 5375 m dari STA 0+925 sampai 6+300. Lokasi penelitian ditampilkan pada **Gambar 3.1** di bawah ini.

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

3.3. Sumber Data

Analisis yang dilakukan membutuhkan data yang berkaitan langsung dengan jalan di Cemoro Sewu. Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan hanya menggunakan data sekunder. Data tersebut meliputi:

1. Job Mix pada konstruksi jalan Cemoro Sewu (PT. Panca Dharma).
2. Jenis campuran aspal yang digunakan pada konstruksi jalan Cemoro Sewu (PT. Panca Dharma).
3. Jarak AMP ke lokasi Proyek.
4. Data konsumsi bahan bakar mesin AMP, truk, dan alat berat (wawancara PT. Panca Dharma).

3.4. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan selengkapnya dalam penelitian meliputi:

1. Studi Literatur

   Pada tahap studi literatur bertujuan untuk menemukan hal-hal yang berkaitan dengan pencapaian tujuan penelitian dan mempelajari berbagai kasus yang telah diangkat oleh para peneliti pada penelitian sebelumnya sehingga penelitian ini lebih *update* dan diharapkan lebih efektif.
2. Pengumpulan Data

   Mengumpulkan data dasar penelitian yaitu data sekunder yang didapat dari instansi terkait.
3. Pengolahan Data
   - Menghitung kebutuhan campuran aspal (W_{ca})
   - Menghitung konsumsi bahan bakar pada setiap tahapan pekerjaan jalan dimulai dari tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap pengaspalan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4. Estimasi Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO2)
   - Melakukan perhitungan estimasi konsumsi energi dan emis gas rumah kaca (CO_2) pada tahap produksi material, tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap pengaspalan dengan menggunakan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction*.
   - Melakukan perhitungan estimasi konsumsi energi dan emis gas rumah kaca (CO_2) pada tahap produksi material, tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap pengaspalan dengan menggunakan konversi konsumsi bahan bakar (IPCC).
5. Melakukan analisis dengan membandingkan hasil perhitungan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* dengan hasil konversi bahan bakar.
6. Memberikan kesimpulan terhadap seluruh proses pembahasan yang telah dilakukan dengan memberikan saran untuk perbaikan laporan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

3.5. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Perhitungan data

   Perhitungan data untuk mengetahui total kebutuhan aspal dan konsumsi bahan bakar pada setiap tahapan dari tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap konstruksi.

2. Estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2)

   Estimasi dalam penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu metode Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* dan konversi konsumsi bahan bakar. Estimasi dengan metode Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* yaitu dengan mengalikan total kebutuhan campuran aspal dengan angka koefisien dari tabel. Sedangkan estimasi untuk metode konversi bahan bakar yaitu dengan mengalikan total konsumsi bahan bakar dengan angka konversi dari tabel konversi bahan bakar.

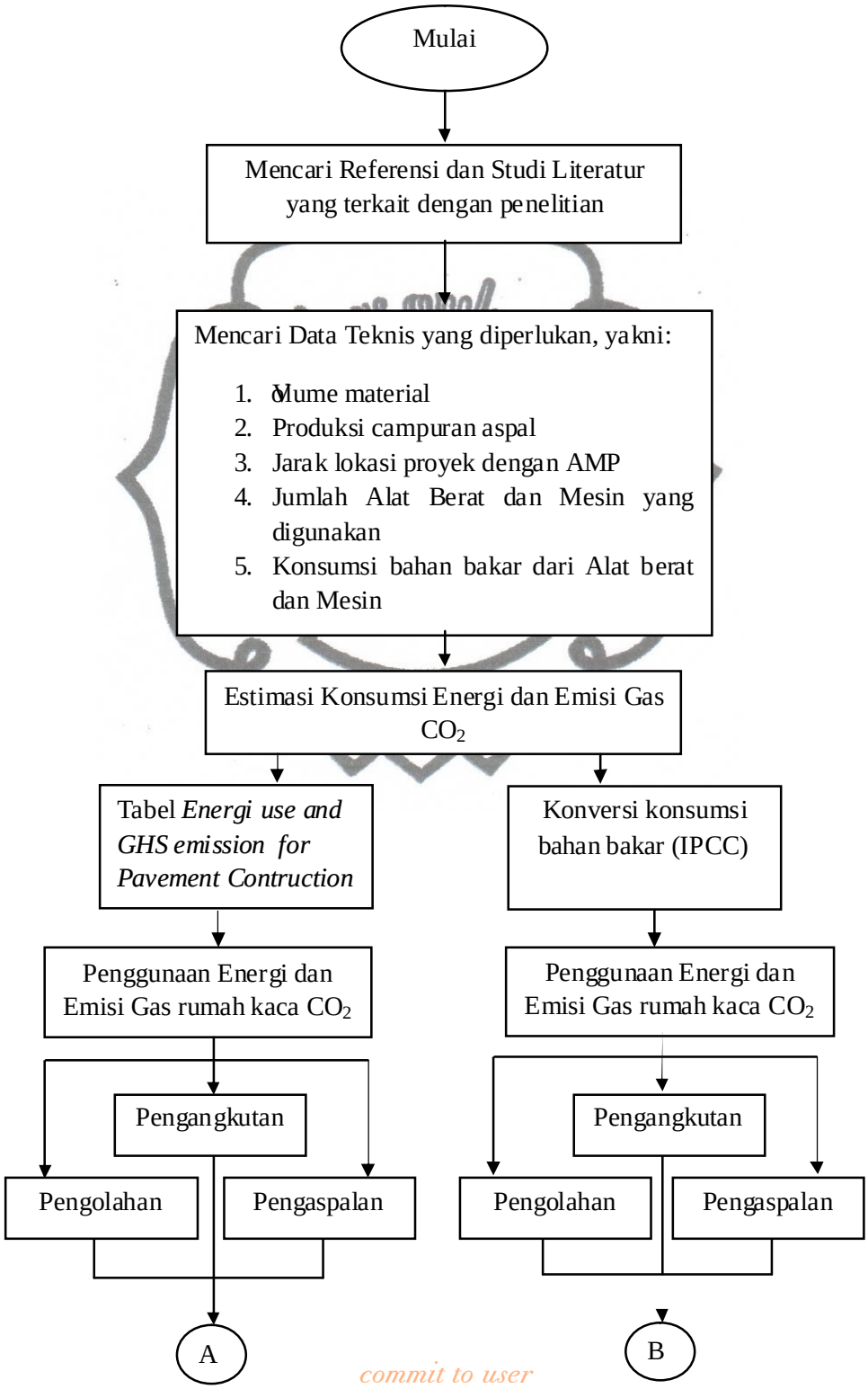
3. Perbandingan matematis

   Perbandingan matematis yang dilakukan yaitu dengan mengitung selisih dan hasil bagi dari hasil estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) antara metode Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* dengan metode konversi konsumsi bahan bakar.

commit to user

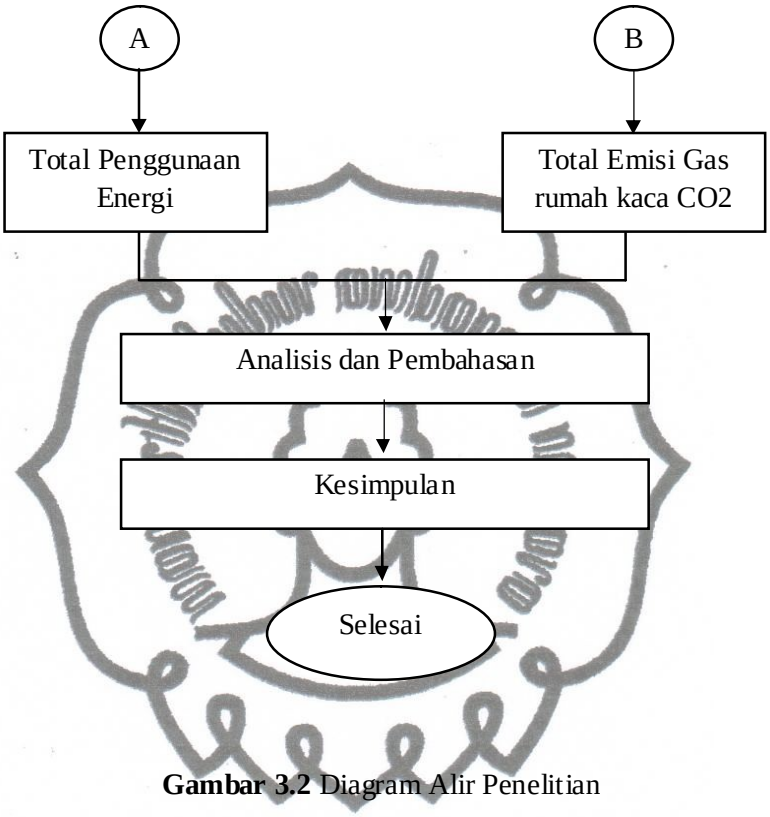
perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

3.6. Diagram Alir Penelitian



commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan jumlah penggunaan energi (MJ) dan emisi gas rumah kaca CO_2 (Kg) yang dihasilkan dalam pengerjaan konstruksi perkerasan jalan di Cemoro Sewu dengan 2 metode yang digunakan. Dua metode yang digunakan untuk menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas CO_2 adalah metode Tabel *Energi Use and GHS Emission for Pavement Contruction* dan metode konversi konsumsi bahan bakar.

Tabel *Energi Use and GHS Emission for Pavement Contruction* adalah tabel yang dikeluarkan oleh Colas.Inc yang berisi angka-angka koefisien yang digunakan untuk mengitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2). Sedangkan metode konversi konsumsi bahan bakar menggunakan tabel konversi dari IPCC yang terdiri dari angka c*alorofic value* (Cv) dan faktor emisi (Fe).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya energi yang digunakan (MJ) dan jumlah gas CO_2 (Kg) yang dihasilkan pada setiap tahapan yang diamati sehingga dapat diketahui pada tahapan mana konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang terbesar, yang nantinya bisa digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam konstruksi perkerasan jalan lainnya. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui bagaimana hasil perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca dari dua metode yang digunakan, yaitu metode Tabel *Energi Use and GHS Emission for Pavement Contruction* dan metode konversi konsumsi bahan bakar.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.2 Pengolahan dan Penyajian Data

4.2.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data teknis proyek pembangunan jalan Cemoro Sewu, yang terdiri dari jenis campuran aspal, berat jenis campuran aspal, data teknis jalan, data jarak AMP ke lokasi proyek dan data konsumsi bahan bakar yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data ini didapat dari PPK Giriwoyo Duwet dan PT. Panca Dharma.

1. Data Jenis Campuran Aspal

   Jenis campuran yang digunakan pada perkerasan jalan Cemoro Sewu adalah *Asphalt Concrete* (AC). AC yang digunakan ada dua jenis yaitu *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) yang digunakan sebagai lapis permukaan jalan, dan *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) yang digunakan sebagai lapis kedua sebelum *Wearing Course*.

2. Data Berat Jenis Campuran Aspal

   Data berat jenis campuran aspal diperoleh dari laboratorium PT. Panca Dharma. Berdasarkan hasil pengujian oleh tim laboran PT. Panca Dharma diperoleh berat jenis campuran aspal AC-WC berbeda dengan berat jenis campuran aspal AC-BC. Data berat jenis campuran aspal ini nantinya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan campuran aspal. Data berat jenis campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Data Berat Jenis Campuran Aspal

Lapisan	Berat Jenis (ton/m^3)
AC-WC	2,317
AC-BC	2,325

Sumber: PT. Panca Dharma

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

3. Data Teknis Jalan

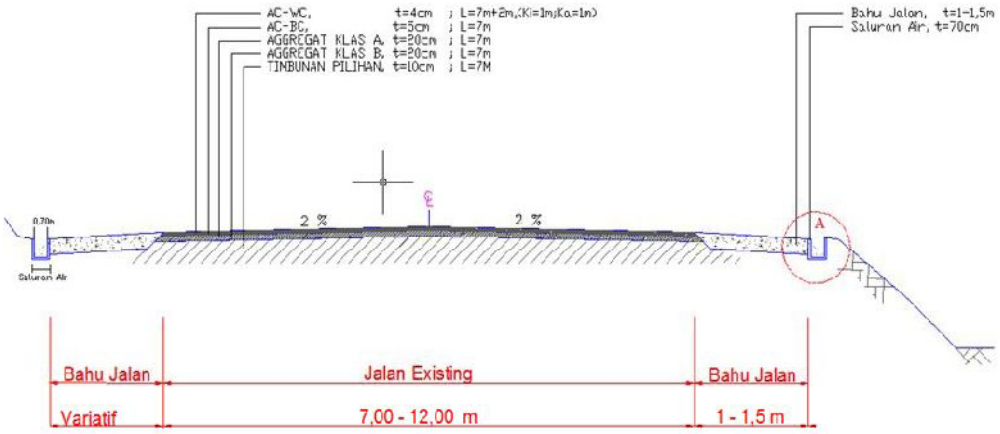
Data teknis jalan meliputi panjang jalan, lebar jalan, tebal lapisan aspal. Lebar jalan pada lapisan AC-WC yaitu 9 m dengan tebal 0,04 m, sedangkan pada lapisan AC-BC lebarnya 7 m dengan tebal 0,05 m. Di bawah ini disajikan data teknis jalan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Teknis Jalan

Lapisan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)
AC-WC	5375	9	0,04
AC-BC	5375	7	0,05

Sumber : PT. Panca Dharma

Untuk lebih detailnya lagi di bawah ini akan disajikan gambar potongan melintang jalan Cemoro Sewu pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Potongan Melintang Jalan

Sumber : Bina Marga Surakarta

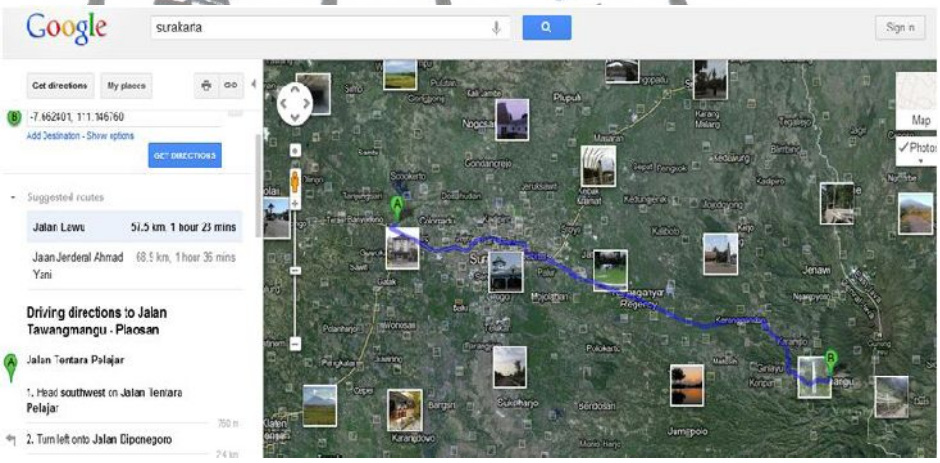
commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Pada Gambar 4.1 struktur lapisan jalan Cemoro Sewu sebenarnya kurang baik untuk diterapkan, karena lebar dari pondasi bawah sampai ke lapis permukaan sama, yaitu 7 m. Struktur lapisan yang baik seharusnya lebar pada lapisan pondasi bawah harus lebih besar dibandingkan dengan lapisan struktur di bawahnya. Namun karena data yang didapat seperti yang ditampilkan di atas, maka pada penelitian ini tetap menggunakan data tersebut.

4. Data Jarak AMP ke Lokasi Proyek

Data ini diperoleh dengan menggunakan bantuan speedometer kendaraan dan dengan aplikasi Google Map. Jarak dari AMP ke lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Jarak AMP ke Lokasi Proyek dengan Google Map

Tabel 4.3 Data Jarak AMP ke Lokasi Proyek

AMP Panca Dharma	Proyek Jalan Cemoro Sewu	Jarak AMP - Proyek
Colomadu	Cemoro Sewu	57,5 KM

Sumber : Data Hasil Survei 2012

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

5. Data Konsumsi Bahan Bakar

Spesifikasi alat-alat yang digunakan dalam penelitian akan disajikan di bawah ini:

a. *Asphalt Mixing Plant* (AMP)

AMP yang digunakan adalah tipe NIKKO NAP-1000/BATCH dengan kapasitas 60 ton/jam dan konsumsi bahan bakar 9 liter/ton.

Gambar 4.3 *Asphalt Mixing Plant*

b. *Dump Truck*

Dump truck yang digunakan dalam proyek pembangunan jalan Cemoro Sewu adalah tipe Fuso dengan kapasitas angkut 7 ton dan mengkonsumsi bahan bakar sebesar 0.3 liter setiap 1 km.

Gambar 4.4 *Dump truck*

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

c. *Asphalt Paver*

Asphalt Paver yang digunakan adalah tipe Cat AP1000D dengan kapasitas 40 ton/jam dengan konsumsi bahan bakar 0,1 liter/ton.

Gambar 4.5 *Asphalt Paver*

d. *Tandem Roller*

Tandem Roller yang digunakan adalah tipe Sakai dengan konsumsi bahan bakar 0,1 liter/ton.

Gambar 4.6 *Tandem Roller*

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

e. *Tire Roller*

Tire Roller yang digunakan adalah tipe Sakai TS200 dengan konsumsi bahan bakar 0,1 liter/ton.

Gambar 4.7 *Tire Roller*

Tabel 4.4 Data Konsumsi Bahan Bakar

Tahap	Spesifikasi Alat	Kapasitas Produksi	Jenis BBM	Konsumsi BBM
Produksi Campuran Aspal	AMP	60 Ton	Solar	9 Liter/Ton
Transportasi Material	*Dump truck*	7 Ton	Solar	0.3 liter/km
Pelaksanaan (Konstruksi)	*Asphalt paver*	40 ton/jam	Solar	0,1 liter/ton
	Tandem roller	-	Solar	0,1 liter/ton
	Tire roller	-	Solar	0,1 liter/ton

Sumber: Wawancara dengan bagian teknisi PT. Panca Dharma

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.2.2 Pengolahan Data

Data yang sudah disajikan di atas selanjutnya akan diolah untuk mendapatkan total kebutuhan campuran aspal dan konsumsi bahan bakar yang digunakan dalam pekerjaan jalan Cemoro Sewu.

4.2.2.1 Kebutuhan Campuran Aspal

Kebutuhan campuran aspal adalah total dari campuran aspal yang dibutuhkan untuk pekerjaan jalan di Cemoro Sewu sepanjang 5375 m. untuk menghitung kebutuhan campuran aspal digunakan rumus (2.2).

W_{ca} = p x l x t x Bj

Untuk lapisan AC-WC

W_{ca} = 5375 m x 9 m x 0,04 m x 2,317 ton/m^3

= 4.483,395 ton

Untuk lapisan AC-BC

W_{ca} = 5375 m x 7 m x 0,05 m x 2,325 ton/m^3

= 4.373,906 ton

Jadi total kebutuhan campuran aspal

W_{ca} = 4.483,395 ton + 4.373,906 ton

= 8.857,301 ton

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.2.2.2 Konsumsi Bahan Bakar

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar, akan dibagi sesuai dengan tahapannya, yaitu tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi dan tahap konstruksi.

a. Tahap produksi campuran aspal

Konsumsi pada tahap ini adalah kebutuhan bahan bakar yang digunakan mesin AMP untuk memproduksi seluruh campuran aspal yang digunakan untuk pekerjaan jalan Cemoro Sewu. Untuk menghitung konsumsi pada tahap ini digunakan rumus (2.6).

$$K_b = W_{ca} \times K_{AMP}$$

Dengan: W_{ca} = 8.857,301 ton

K_{AMP} = 9 liter/ton

Maka konsumsi bahan bakar pada tahap produksi material adalah:

K_b = 8.857,301 ton x 9 liter/ton

= 79.715,711 liter

b. Tahap transportasi

Konsumsi bahan bakar pada tahap ini adalah total kebutuhan bahan bakar yang digunakan oleh *dump truck* untuk mendistribusikan campuran aspal dari AMP ke lokasi proyek. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar pada tahap transportasi digunakan rumus 2.7.

$$K_b = K1_{truk} \times J_{truk}$$

Sedangkan untuk menghitung $K1_{truk}$ dan J_{truk} digunakan rumus 2.8 dan 2.9.

$$K1_{truk} = s \times K_{truk}$$

$$J_{truk} = \frac{Wca}{a}$$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Dengan: s = 57,5 km

K_{truk} = 0,3 liter/km

Wca = 8.857,301 ton

a = 7 ton

Maka konsumsi bahan bakar pada tahap transportasi adalah:

K_b = (57,5 km x 0,3 liter/km) x $\frac{8.857,}{7}$

= 21.826,920 liter

c. Tahap pengaspalan

Konsumsi bahan bakar pada tahap ini adalah kebutuhan bahan bakar yang dikonsumsi alat-alat berat seperti *asphalt paver, tandem roller, dan tire roller* untuk menghamparkan, dan memadatkan lapisan aspal. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar pada tahap konstruksi digunakan rumus (2.10).

$$K_b = Kt_{ap} + Kt_{td} + Kt_{tr}$$

Sedangkan untuk menghitung Kt_{ap}, Kt_{td}, Kt_{tr} digunakan rumus (2.11), (2.12), dan (2.13).

$$Kt_{ap} = W_{ca} \times K_{ap}$$

$$Kt_{td} = W_{ca} \times K_{td}$$

$$Kt_{tr} = W_{ca} \times K_{tr}$$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Dengan: W_{ca} = 8.857,301 ton

K_{ap} = 0,1 liter/ton

K_{td} = 0,1 liter/ton

K_{tr} = 0,1 liter/ton

Maka konsumsi bahan bakar pada tahap pengaspalan adalah:

K_b = (8.857,301 ton x 0,1 liter/ton) + (8.857,301 ton x 0,1 liter/ton) + (8.857,301 ton x 0,1 liter/ton)

= 2.657,190 liter

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3 Estimasi Konsumsi Energi dan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada penelitian ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan menggunakan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* dan konversi bahan bakar. Data yang dibutuhkan untuk menghitung konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) dengan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* berupa data jenis campuran aspal, jumlah campuran aspal, jarak AMP ke lokasi proyek. Sedangkan untuk cara dengan konversi bahan bakar, data yang dibutuhkan berupa, jumlah campuran aspal, jarak AMP ke lokasi proyek, kapasitas produksi alat, konsumsi bahan bakar alat.

4.3.1 Perhitungan Dengan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction*

Untuk menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) dengan menggunakan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* akan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi dan tahap konstruksi.

4.3.1.1 Tahap Produksi Campuran Aspal

Tahap produksi campuran aspal adalah kegiatan pengolahan agregat dan aspal yang dilakukan di AMP. Pada proyek perkerasan jalan Cemoro Sewu jenis campuran aspal yang digunakan adalah *Asphalt Concrete*. Untuk menghitung konsumsi energi dan emisi gas buang pada tahap produksi campuran aspal dengan menggunakan metode Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* dibutuhkan data

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

kebutuhan material (AC-WC), kebutuhan material (AC-BC), kebutuhan aspal minyak, angka koefisien dari tabel. Proses estimasi pada tahap ini terdiri dari input data, perhitungan dan rekapitulasi hasil.

a. Input Data:
   1. Total kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}) = 8.857,301 ton
   2. Angka koefisien dari tabel untuk konsumsi energi campuran aspal panas (α_e) = 275 MJ/ton (Tabel 2.5)
   3. Angka koefisien dari tabel untuk emisi gas rumah kaca (CO_2) campuran aspal panas/HMA (α_g) = 22 Kg/ton(Tabel 2.6)

b. Perhitungan:

1. Konsumsi Energi

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.1).

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

$= 8.857,301 \text{ ton} \times 275 \text{ MJ/ton}$

$= 2.435.757,844 \text{ MJ}$

2. Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.2).

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

$= 8.857,301 \text{ ton} \times 22 \text{ Kg/ton}$

$= 194.860,628 \text{ Kg}CO_2$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

c. Tabel Rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) di atas, diperoleh konsumsi pada tahap produksi campuran aspal sebesar 2.435.757,844 MJ, dan menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 194.860,628 $KgCO_2$. Tabel rekapitulasi hasil estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tahap produksi campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Rekapitulasi pada Tahap Produksi Campuran Aspal

Tahap	W_{ca} (ton)	α_e (MJ/ton)	α_g (Kg/ton)	E (MJ)	GHG ($KgCO_2$)
Produksi Campuran Aspal	8.857,301	275	22	2.435.757,844	194.860,628

Sumber:Hasil Perhitungan

4.3.1.2 Tahap Transportasi

Tahap transportasi adalah kegiatan yang dilakukan untuk mendistribusikan campuran aspal dari AMP ke lokasi proyek. Estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada tahap transportasi dengan menggunakan metode Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction* membutuhkan data kebutuhan campuran aspal dan angka koefisien dari tabel. Proses estimasi pada tahap transportasi terdiri dari input data, perhitungan dan rekapitulasi.

a. Input Data:

1. Total kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}) = 8.857,301 ton
2. Angka koefisien daftar tabel untuk konsumsi energi campuran aspal panas/HMA (α_e) = 79 MJ/ton (Tabel 2.5)
3. Angka koefisien dari tabel untuk emisi gas rumah kaca (CO_2) campuran aspal panas/HMA (α_g) = 5,3 Kg/ton (Tabel 2.6)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

b. Perhitungan:

1. Konsumsi Energi

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.1).

E = W_{ca} x α_e

= 8.857,301 ton x 79 MJ/ton

= 699.726,799 MJ

2. Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.2).

GHG = W_{ca} x α_g

= 8.857,301 ton x 5,3 Kg/ton

= 46.943,696 Kg CO_2

c. Tabel Rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) di atas, diperoleh konsumsi pada tahap transportasi sebesar 699.726,799 MJ, dan menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 46.943,696 KgCO_2. Tabel rekapitulasi hasil estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tahap transportasi dapat dilihat pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Rekapitulasi pada Tahap Transportasi

Tahap	W_{ca} (ton)	α_e (MJ/ton)	α_g (Kg/ton)	E (MJ)	GHG (Kg CO_2)
Transportasi	8.857,301	79	5	699.726,799	46.943,696

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3.1.3 Tahap Pengaspalan

Tahap pengaspalan adalah tahap terakhir dari penelitian ini. Sama seperti tahap sebelumnya, estimasi pada tahap konstruksi juga membutuhkan data campuran aspal dan angka koefisien dari Tabel *Energi Use and GHS Emission for Pavement Contruction*. Proses estimasi pada tahap konstruksi terdiri dari input data, perhitungan, dan rekapitulasi

a. Input data:
   1. Total kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}) = 8.857,301 ton
   2. Angka koefisien datr tabel untuk konsumsi energi campuran aspal panas/HMA (α_e) = 9 MJ/ton (Tabel 2.5)
   3. Angka koefisien dari tabel untuk emisi gas rumah kaca (CO_2) campuran aspal panas/HMA (α_g) = 0,6 Kg/ton (Tabel 2.6)

b. Perhitungan:

1. Konsumsi Energi

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.1).

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

$= 8.857{,}301 \text{ ton} \times 9 \text{ MJ/ton}$

$= 79.715{,}711 \text{ MJ}$

2. Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.2).

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

$= 8.857{,}301 \text{ ton} \times 0{,}6 \text{ Kg/ton}$

$= 5.314{,}380 \text{ Kg } CO_2$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

c. Tabel Rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) di atas, diperoleh konsumsi pada tahap pengaspalan sebesar 79.715,711 MJ, dan menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 5.314,380 $KgCO_2$. Tabel rekapitulasi hasil estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada tahap konstruksi dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Rekapitulasi pada Tahap Pengaspalan

Tahap	W_{ca} (ton)	α_e (MJ/ton)	α_g (Kg/ton)	E (MJ)	GHG (Kg CO_2)
Konstruksi	8.857,301	9	0,6	79.715,711	5.314,380

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3.1.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction*

Dari hasil perhitungan tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap konstruksi yang mengkonsumsi energi terbesar adalah tahap produksi campuran aspal yaitu sebesar 2.435.757,844 MJ. Lebih lengkapnya disajikan rekapitulasi hasil perhitungan dari semua tahap dalam Tabel 4.8 dan Gambar 4.8.

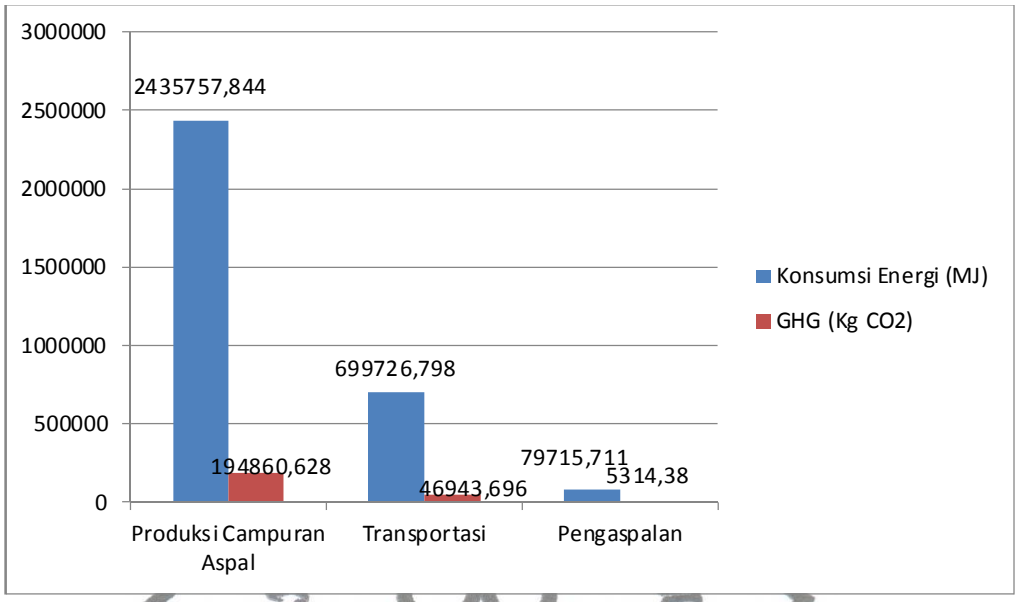
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Tabel *Energy use and GHS emission for Pavement Contruction*

Tahap	E (Konsumsi Energi)	GHG (Emisi Gas Rumah Kaca)
Produksi Campuran Aspal	2.435.757,844 MJ	194.860,628 Kg CO_2
Transportasi	699.726,799 MJ	46.943,696 Kg CO_2
Pengaspalan	79.715,711MJ	5.314,380 Kg CO_2
Total	3.215.200,354 MJ	247.118,704 KgCO_2

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

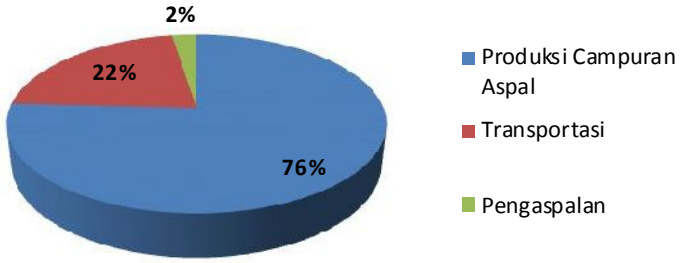


Gambar 4.8 Grafik Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Tabel *Energi use and GHG emission for Pavement Contruction*

Dari Gambar 4.8 di atas, terlihat jelas bahwa tahap produksi campuran aspal adalah tahapan yang paling banyak mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2). Berdasarkan hasil perhitungan, energi yang dikonsumsi yaitu sebesar 2.435.757,844 MJ dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan sebesar 194.860,628 Kg CO_2. Tahap transportasi mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2) terbanyak kedua yaitu mengkonsumsi energi sebesar 699.726,798 MJ dan menghasilkan emeisi gas rumah kaca (CO_2) sebesar 46.943,696 Kg CO_2. Sedangkan tahap pengaspalan adalah tahap yang paling sedikit mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2), yaitu mengkonsumsi energi sebesar 79.715,711 MJ dan menghasilkan emisi gas rumah kaca sebesar 5.314,380 Kg CO_2.

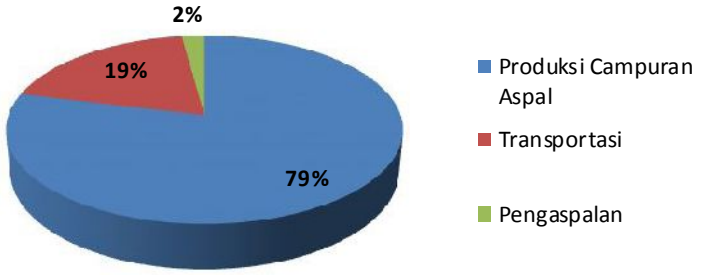
commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id



Gambar 4.9 Diagram Rekapitulasi Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Dengan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction*

Jika dikonversi dalam persen, maka konsumsi energi terbesar terjadi pada tahap produksi campuran aspal, sebesar 76% dari total energi yang dibutuhkan. Tahap transportasi ada di urutan kedua yaitu sebesar 22%, dan tahap pengaspalan paling sedikit mengkonsumsi energi yaitu hanya 2% dari total kebutuhan energi.



Gambar 4.10 Diagram Rekapitulasi Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) Dengan Tabel *Energi use and GHS emission for Pavement Contruction*

Untuk emisi gas rumah kaca (CO_2) tahap produksi campuran aspal menghasilkan paling banyak gas CO_2 yaitu sebesar 79% dari total gas CO_2 yang dihasilkan dalam pembangunan jalan Cemoro Sewu. Tahap transportasi menghasilkan gas CO_2 sebesar 19%, dan tahap pengaspalan menghasilkan 2%.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3.2 Konversi Konsumsi Bahan Bakar

Konversi bahan bakar adalah metode kedua yang digunakan untuk menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada penelitian ini. Untuk menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) dengan metode ini diperlukan data kebutuhan bahan bakar pada setiap tahapannya yang kemudian akan dikonversikan dengan menggunakan rumus (2.3) dan rumus (2.4). terdapat tiga tahapan yaitu: tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi dan tahap pengaspalan.

4.3.2.1 Tahap Produksi Campuran Aspal

Tahap produksi campuran aspal adalah tahap awal dari semua proses konstruksi perkerasan jalan yang diamati dalam penelitian ini. Pada tahap ini data konsumsi bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar pada mesin AMP yaitu 9 liter/ton. Jenis bahan bakar yang digunakan pada mesin ini adalah solar sehingga angka konversi yang digunakan adalah 35,99 MJ/liter (Cv) dan 2,67 $kgCO_2$/liter (Fe). Data lain yang digunakan adalah kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}). proses estimasi pada tahap ini dimulai dari input data, perhitungan dan rekapitulasi.

a. Input data:
   1. Total kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}) = 8.857,301 ton
   2. *Calorific value* (Cv) = 35,99 MJ/liter
   3. Faktor emisi (Fe) = 2,67 $kgCO_2$/liter
   4. Jenis bahan bakar AMP = solar
   5. Total konsumsi bahan bakar (K_b) = 79.715,711 liter (hal.39)

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

b. Perhitungan:

1. Konsumsi Energi

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.3).

$E = K_b \times Cv$

$= 8.857.301,25 \text{ liter} \times 35,99 \text{ MJ/liter}$

$= 2.868.968,448 \text{ MJ}$

2. Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.4).

$GHG = K_b \times Fe$

$= 8.857.301,25 \text{ liter} \times 2,76 \text{ kgCO}_2\text{/liter}$

$= 212.840,949 \text{ kgCO}_2$

c. Tabel Rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapat jumlah energi yang dikonsumsi yaitu sebesar 2.868.968,448 MJ dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan sebesar 212.840,949 $kgCO_2$. Dan lebih jelasnya disajikan dalam Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9 Rekapitulasi pada Tahap Produksi Campuran Aspal

No	W_{ca} (ton)	Cv (MJ/ liter)	Fe (kgC O_2/ liter)	K_b (liter)	E (MJ)	GHG ($kgCO_2$)
1	8.857.301,25	35,99	2,76	79.715,711	2.868.968,448	212.840,949

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3.2.2 Tahap Transportasi

Tahap transportasi adalah tahap kedua yang diamati pada penelitian ini. Konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada tahap ini adalah banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi oleh truk untuk mendistribusikan campuran aspal dari AMP ke lokasi proyek. Untuk menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada tahap ini, data yang dibutuhkan yaitu kebutuhan campuran aspal, angka koefisien Cv dan Fe, jarak AMP ke lokasi proyek, konsumsi bahan bakar truk. Proses estimasi pada tahap ini terdiri dari input data, perhitungan dan rekapitulasi.

a. Input Data:
   1. Total kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}) = 8.857,301 ton
   2. *Calorific value* (Cv) = 35,99 MJ/liter
   3. Faktor emisi (Fe) = 2,67 kgCO_2/liter
   4. Jenis bahan bakar AMP = solar
   5. Total konsumsi bahan bakar (K_b) = 21.826,920 liter (hal.40)

b. Perhitungan:

   1. Konsumsi Energi

   Dihitung dengan menggunakan rumus (2.3).

   $E = K_b \times Cv$

   $= 21.826{,}920 \text{ liter} \times 35{,}99 \text{ MJ/liter}$

   $= 785.550{,}884 \text{ MJ}$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

2. Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Dihitung dengan menggunakan rumus (2.4).

GHG = K_b x Fe

= 21.826,920 liter x 2,76 kgCO_2/liter

= 58.277,878 kgCO_2

c. Tabel rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapat jumlah energi yang dikonsumsi yaitu sebesar 785.550,884 MJ dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan sebesar 58.277,878 kgCO_2. Dan lebih jelasnya disajikan dalam Tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10 Rekapitulasi pada Tahap Transportasi

No	W_{ca} (ton)	Cv (MJ/ liter)	Fe (kgCO_2/ liter)	K_b (liter)	E (MJ)	GHG (kgCO_2)
1	8.857,301	35,99	2,76	21.826,920	785.550,884	58.277,878

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3.2.3 Tahap Pengaspalan

Tahap pengaspalan adalah tahapan terakhir yang diamati dalam penelitian ini. Kegiatan-kegiatan yang ada ditahapan konstruksi ini meliputi kegiatan penghamparan campuran aspal sampai pemadatan. Untuk menghitung estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada tahap ini, yaitu dengan mengkonversikan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi alat-alat berat yang digunakan dengan angka koefisien Cv dan Fe. Data-data lain yang digunakan yaitu kebutuhan campuran aspal. Proses estimasi pada tahapan ini terdiri dari input data, perhitungan dan rekapitulasi.

a. Input data:
   1. Total kebutuhan campuran aspal panas (W_{ca}) = 8.857,301 ton
   2. *Calorific value* (Cv) = 35,99 MJ/liter
   3. Faktor emisi (Fe) = 2,67 $kgCO_2$/liter
   4. Jenis bahan bakar AMP = solar
   5. Total konsumsi bahan bakar (K_b) = 2.657,190 liter (hal.41)

b. Perhitungan:

1. Konsumsi Energi

Dihitung dengan menggunakan rumus 2.3.

E = K_b x Cv

= 2.657,190 liter x 35,99 MJ/liter

= 95.632,281 MJ

2. Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Dihitung dengan menggunakan rumus 2.4.

GHG = K_b x Fe

= 2.657,190 x 2,76 $kgCO_2$/liter

= 7.094,698 $kgCO_2$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

c. Tabel Rekapitulasi

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapat jumlah energi yang dikonsumsi yaitu sebesar 95.632,281 MJ dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan sebesar 7.094,698 $kgCO_2$. Dan lebih jelasnya disajikan dalam Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Rekapitulasi pada Tahap Pengaspalan

No	W_{ca} (ton)	Cv (MJ/ liter)	Fe (kgC O_2/ liter)	K_b (liter)	E (MJ)	GHG ($kgCO_2$)
1	8.857,301	35,99	2,76	2.657,190	95.632,281	7.094,698

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.3.2.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Konversi Konsumsi Bahan Bakar (IPCC)

Dari hasil perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) dengan menggunakan metode konversi bahan bakar di atas, dapat diketahui bahwa pada tahap produksi campuran aspal adalah tahapan yang paling banyak mengkonsumsi energi dan menghasilkan gas rumah kaca (CO_2). Lebih jelasnya rekapitulasi hasil perhitungan dari semua tahap disajikan dalam Tabel 4.12.

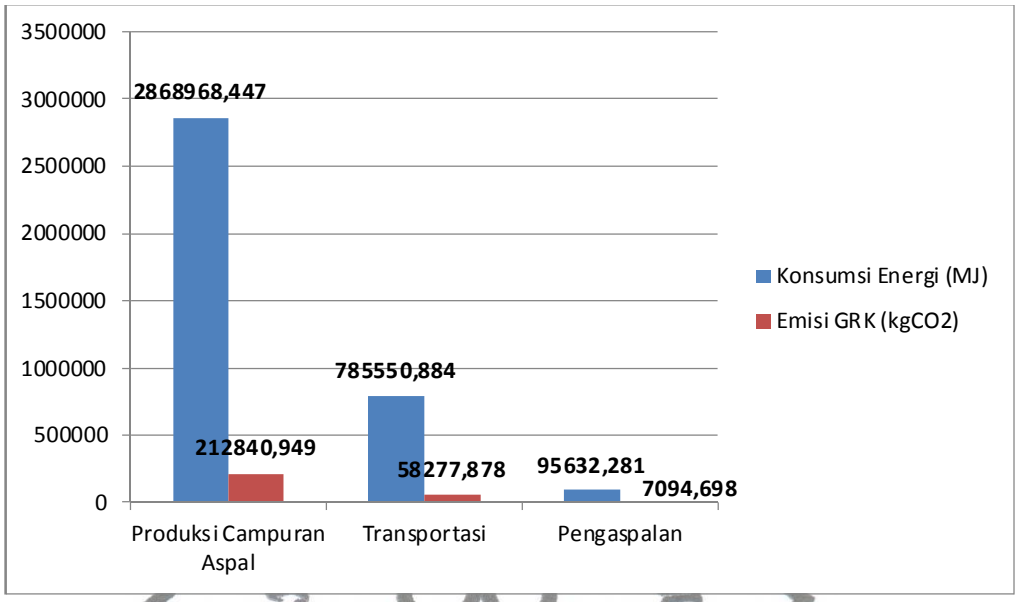
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Konversi Bahan Bakar (IPCC)

Tahap	E (Konsumsi Energi)	GHG (Emisi Gas Rumah Kaca)
Produksi Campuran Aspal	2.868.968,448 MJ	212.840,949 $KgCO_2$
Transportasi	785.550,884 MJ	58.277,878 $KgCO_2$
Pengaspalan	95.632,281 MJ	7.094,698 $KgCO_2$
Total	3.750.151,614 MJ	278.213,526 $KgCO_2$

Sumber:Hasil Perhitungan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

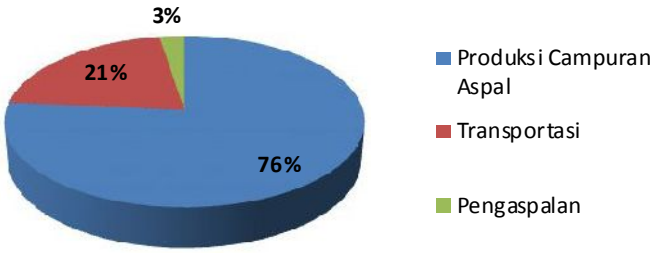


Gambar 4.11 Grafik Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dengan Konversi Bahan Bakar (IPCC)

Seperti terlihat di Gambar 4.11 di atas, produksi campuran adalah tahap yang paling banyak mengkonsumsi energi yaitu sebesar 2.868.968,448 MJ. Diurutan kedua energi yang dikonsumsi adalah pada tahap transportasi yaitu 785.550,884 MJ. Sedangkan pada tahap konstruksi hanya mengkonsusmsi energi sebesar 95.632,281 MJ. Begitu juga dengan emisi gas rumah kaca (CO_2), tahap produksi campuran aspal menghasilkan gas CO_2 sebesar 212.840,949 $kgCO_2$ dan pada tahap transportasi yaitu sebesar 58.277,878 $KgCO_2$. Sedangkan pada tahap pengaspalan hanya menghasilkan gas CO_2 sebesar 7.094,698 $KgCO_2$.

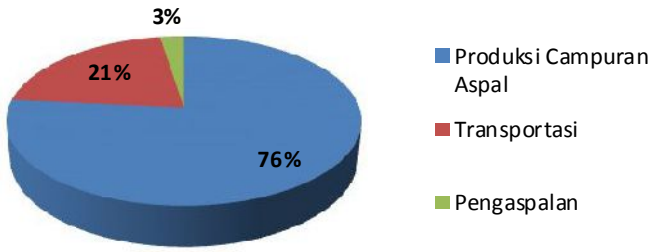
commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id



Gambar 4.12 Diagram Persentase Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Dengan Konversi Bahan Bakar (IPCC)

Seperti terlihat pada Gambar 4.12, jika dikonversikan ke persen, hasil perhitungan dengan menggunakan metode konversi bahan bakar juga menempatakan produksi campuran aspal diurutan pertama dalam mengkonsumsi energi yaitu sebesar 76% dari total energi yang dikonsumsi, kemudian disusul tahap transportasi sebesar 21%, dan terakhir pada tahap pengaspalan yaitu sebesar 3%.



Gambar 4.13 Diagram Persentase Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) Dengan Konversi Bahan Bakar (IPCC)

Sama dengan konsumsi energi, pada tahap produksi campuran aspal menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2) sebesar 76% dari total emisi gas CO_2 yang dihasilkan, kemudian 21 % pada tahap transportasi dan 3% dari tahap pengaspalan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.4 Perbandingan

Analisis yang dilakukan yaitu analisis perbandingan secara matematis yaitu akan dicari selisih dan hasil bagi dari estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang sudah dihitung pada tahap sebelumnya. Hasil estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang akan dibandingkan yaitu, perbandingan hasil estimasi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) antara metode dengan Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode konversi bahan bakar.

4.4.1 Selisih dan Perbandingan Konsumsi Energi

Untuk mengetahui selisih hasil konsumsi energi antara dua metode yang digunakan yaitu dengan mengurangkan hasil metode pertama dengan metode kedua. Sedangkan untuk perbandingan dengan cara membagi hasil metode pertama dengan hasil metode kedua. Untuk menghitung selisih dan perbandingan menggunakan rumus (2.14) dan (2.15).

Selisih = Hasil A – Hasil B (2.14)

Perbandingan = Hasil A : Hasil B (2.15)

a. Tahap Produksi Campuran Aspal

Selisih = 2.435.757,844 MJ - 2.868.968,448 MJ

= -433.210,604 MJ

Perbandingan = 2.435.757,844 MJ : 2.868.968,448 MJ

= 1 : 1,17

b. Tahap Transportasi

Selisih = 699.726,799 MJ - 785.550,884 MJ

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

= -85.824,085 MJ

Perbandingan = 699.726,799 MJ : 785.550,884 MJ

= 1 : 1,12

c. Tahap Pengaspalan

Selisih = 79.715,711 MJ - 95.632,281 MJ

= -15.916,570 MJ

Perbandingan = 79.715,711 MJ - 95.632,281 MJ

= 1 : 1,19

d. Total

Selisih = 3.339.202,571 MJ - 3.750.151,614 MJ

= -410.949,042 MJ

Perbandingan = 3.215.200,354 MJ : 3.750.151,614 MJ

= 1 : 1,16

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

e. Rekapitulasi

Rekapitulasi selisih dan perbandingan konsumsi energi antara metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode konversi bahan bakar disajikan pada Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Perbandingan Konsumsi Energi

No	Tahap	Perbandingan		Selisih (MJ)
		Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*	Konversi Bahan Bakar	
1	Produksi Campuran Aspal	2.435.757,844	2.868.968,448	-433.210,604
		1	1,17	
2	Transportasi	699.726,799	785.550,884	-85.824,085
		1	1,12	
3	Pengaspalan	79.715,711	95.632,281	-15.916,570
		1	1,19	
4	Total	3.215.200,354	3.750.151,614	-410.949,042
		1	1,16	

Sumber:Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil estimasi yang sudah dilakukan dengan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode konversi bahan bakar untuk mencari energi yang dikonsumsi pada pekerjaan jalan Cemoro Sewu, dapat diketahui bahwa tahap produksi campuran aspal paling banyak mengkonsumsi energi yaitu sebesar 2.435.757,844 MJ (berdasarkan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*) dan sebesar 2.868.968,448 MJ (berdasarkan

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

metode konversi bahan bakar). Sedangkan untuk selisih terbesar juga terjadi pada tahap produksi campuran aspal, yaitu sebesar -433.210,604 MJ.

4.4.2 Selisih dan Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

Untuk mengetahui selisih hasil emisi gas rumah kaca (CO_2) antara dua metode yang digunakan yaitu dengan mengurangkan hasil metode pertama dengan metode kedua. Sedangkan untuk perbandingan dengan cara membagi hasil metode pertama dengan hasil metode kedua.

a. Tahap produksi campuran aspal

Selisih = 194.860,628 $kgCO_2$ - 212.840,949 $kgCO_2$

= -17.980,321 $kgCO_2$

Perbandingan = 194.860,628 $kgCO_2$ - 212.840,949 $kgCO_2$

= 1 : 1,09

b. Tahap transportasi

Selisih = 46.943,696 $kgCO_2$ - 58.277,878 $kgCO_2$

= -11.334,182 $kgCO_2$

Perbandingan = 46.943,696 $kgCO_2$: 58.277,878 $kgCO_2$

= 1 : 1,24

c. Tahap pengaspalan

Selisih = 5.314,380 $kgCO_2$ - 7.094,698 $kgCO_2$

= -1.780,317 $kgCO_2$

Perbandingan = 5.314,380 $kgCO_2$: 7.094,698 $kgCO_2$

= 1 : 1,33

d. Total

Selisih = 247.118,704 $kgCO_2$ton - 278.213,526 $kgCO_2$

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

= -31.094,821 $kgCO_2$

Perbandingan = 247.118,704 $kgCO_2$: 278.213,526 $kgCO_2$

= 1 : 1,12

e. Rekapitulasi

Rekapitulasi selisih dan perbandingan emisi gas rumah kaca (CO_2) antara metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan metode konversi bahan bakar disajikan pada Tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2)

No	Tahap	Perbandingan		Selisih ($kgCO_2$)
		Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*	Konversi Bahan Bakar	
1	Produksi campuran aspal	194.860,628	212.840,949	-17.980,321
		1	1,04	
2	Transportasi	46.943,696	58.277,878	-11.334,182
		1	1,31	
3	Pengaspalan	5.314,380	7.094,698	-1.780,317
		1	1,33	
4	Total	247.118,704	278.213,526	-24.008,980
		1	1,09	

Sumber:Hasil Perhitungan

Emisi gas rumah kaca (CO_2) yang terbesar juga dihasilkan pada tahap produksi campuran material, yaitu sebesar 194.860,628 $kgCO_2$ (berdasarkan metode tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* dan sebesar 212.840,949 $kgCO_2$ (berdasarkan metode konversi bahan bakar).

commit to user

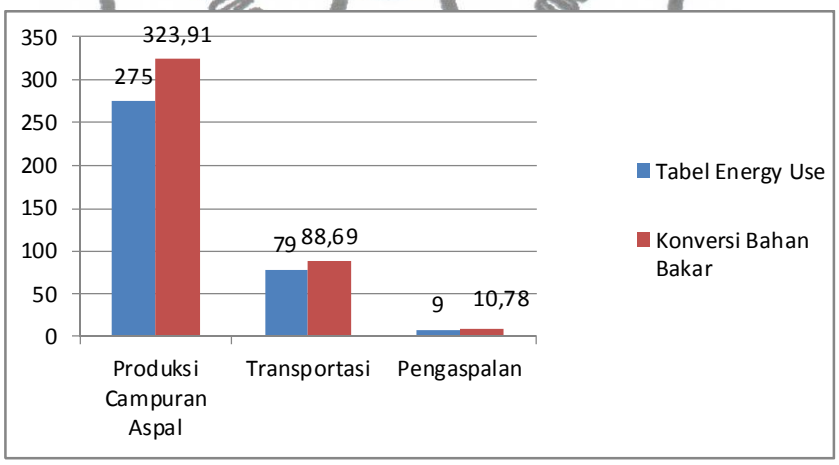
perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Selain itu akan dibandingkan juga hasil perhitungan estimasi konsumsi energi dan emisis gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan pada perkerasan jalan Cemoro Sewu per tonnya, seperti disajikan dalam Tabel 4.15, dan Tabel 4.16.

Tabel 4.15 Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Konsumsi Energi Per Ton

TAHAP	**METODE**	
	Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*	Konversi Bahan Bakar
	Konsumsi Energi (MJ/ton)	
Produksi Campuran Aspal	275	323,91
Transportasi	79	88,69
Pengaspalan	9	10,78
Total	363	423,38

Sumber:Hasil Perhitungan



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Konsumsi Energi Per Ton

Berdasarkan konsumsi energi pertonnya, terlihat seperti di Gambar 4.14 bahwa terdapat selisih yang besar pada tahap produksi campuran aspal. Sedangkan selisih terkecil terdapat pada tahap pengaspalan, tidak melebihi 2 MJ/tonnya.

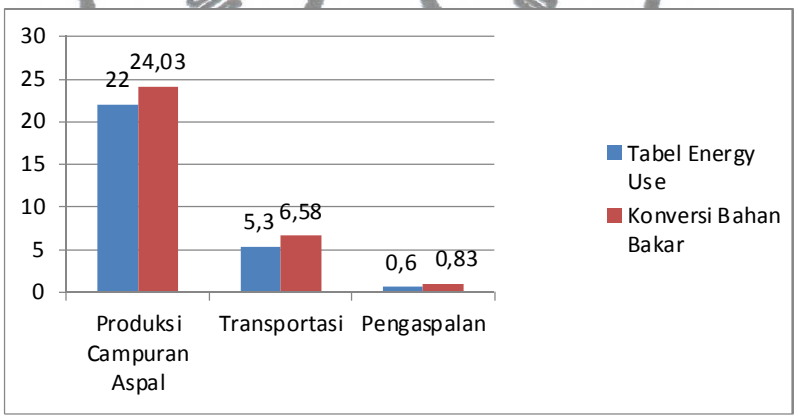
commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

Tabel 4.16 Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Emisi Gas Rumah kaca (CO_2) Per Ton

TAHAP	METODE	
	Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*	Konversi Bahan Bakar
	Emisi Gas Rumah Kaca ($kgCO_2$/ton)	
Produksi Campuran Aspal	22	24,03
Transportasi	5,3	6,58
Pengaspalan	0,6	0,83
Total	27,9	31,44

Sumbaer:Hasil Perhitungan



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2) Per Ton

Berdasarkan emisi gas rumah kaca (CO_2) per tonnya, selisih terbesar emisi gas rumah kaca (CO_2) juga terjadi pada tahap produksi campuran aspal, yaitu terdapat selisih 2,03 $kgCO_2$ per tonnya.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

4.5 Pembahasan

Berdasarkan perbandingan yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa estimasi konsumsi energi dan emisi gas CO_2 dengan metode konversi bahan bakar lebih besar hasilnya dibandingkan dengan metode tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*. Ini menunjukkan bahwa konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan dalam pekerjaan konstruksi jalan Cemoro Sewu masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan angka yang sudah ditetapkan pada tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*. Ini berarti menunjukkan bahwa pekerjaan konstruksi jalan Cemoro Sewu masih tinggi dalam mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2), yaitu menghasilkan emisi 278,21 ton CO_2 pada pembangunan jalan sepanjang 5,735 km.

Sedangkan jika ditinjau berdasarkan tahapan yang diamati dalam penelitian ini, tahap produksi campuran aspal adalah tahap yang paling besar mengkonsumsi energi dan juga paling banyak menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2), yaitu sekitar 76% dari seluruh energi yang dibutuhkan. Selain itu, berdasarkan perbandingan yang sudah dilakukan, tahap produksi campuran aspal juga mempunyai selisih paling besar diantara tahapan yang lainnya. Ini menunjukkan bahwa pada tahap produksi campuran aspal untuk pekerjaan jalan Cemoro Sewu masih mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi gas rumah kaca yang sangat tinggi.

Berdasarkan tiga tahapan yang diamati pada penelitian ini, berarti tahap produksi campuran aspal adalah tahap yang paling penting untuk dilakukan efisiensi konsumsi energi dan perbaikan proses pembakarannya. Hal yang dapat dilakukan adalah antara lain dengan perbaikan tempat penyimpanan agregat, supaya kondisi agregat benar-benar kering sehingga tidak membutuhkan waktu lama dalam proses pengeringan agregat, karena jika agregat tidak benar-benar kering maka akan membutuhkan waktu lebih dalam proses pengeringan agregat yang juga akan berdampak pada konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan. Selain

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

itu umur dari mesin AMP di PT. Panca Dharma juga perlu diperhatikan, karena mesin AMP sudah berumur tua, ini juga menyebabkan pembakaran yang kurang baik sehingga emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan juga semakin besar. Hal-hal yang telah disebutkan diatas adalah upaya untuk menurunkan konsumsi dan emisi gas rumah kaca secara langsung, sedangkan upaya secara tidak langsung yaitu dengan meningkatkan kapasitas serapan gas rumah kaca, yaitu dengan penanaman pohon disekitar lokasi AMP. Karena semakin banyak pohon yang ditanam, maka gas rumah kaca yang diserap juga semakin besar, sehingga gas rumah kaca yang tersebar ke atmosfer bisa berkurang.

Sedangkan pada tahap transportasi, besarnya konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada pekerjaan konstruksi jalan Cemoro Sewu adalah disebebkan karena jauhnya jarak antara tempat produksi campuran aspal (AMP) dengan lokasi proyek. Jauhnya jarak ini menyebabkan energi yang dikonsumsi oleh truck menjadi lebih besar, begitu juga dengan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan juga akan lebih besar. Hal yang perlu diperhatikan untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) pada tahap transportasi adalah dengan mencari AMP yang jaraknya lebih dekat dengan lokasi proyek. Selain itu kondisi truck pengangkut juga perlu diperhatikan, karena truk yang kondisi pembakarannya sudah tidak optimal, maka bisa menyebabkan konsumsi bahan bakarnya meningkat sehingga emisi gas rumah kaca yang dihasilkan juga meningkat.

Tahap pengaspalan adalah tahap yang paling sedikit mengkonsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2), selain itu pada tahap pengaspalan selisih konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) antara metode konversi bahan bakar dengan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction* paling kecil diantara tahapan lainnya. Hal yang bisa dilakukan untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca pada tahap ini adalah dengan memperhatikan kondisi alat-alat berat yang digunakan seperti *asphalt paver, tandem roller, dan tire roller*. Karena sama halnya dengan truk yang digunakan pada tahap transportasi, jika

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

kondisi pembakaran pada alat-alat berat diatas sudah tidak optimal, maka bisa berdampak pada tingginya konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan.

Berdasarkan pembahasan pada ketiga tahap diatas dapat disimpulkan bahwa pada pekerjaan konstruksi jalan Cemoro Sewu perlu dilakukan pengefisiensian energi dan perbaikan pembakaran pada semua tahapan, khususnya pada tahap produksi campuran aspal untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2).

Selain itu, berdasarkan perbandingan antara kedua metode yang digunakan dapat diketahui bahwa hasil dari metode konversi konsumsi bahan bakar lebih besar dibandinganken dengan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction.* Penyebab dari besarnya selisih antara kedua metode tersebut adalah karena faktor umur dari mesin dan alat yang digunakan, karena pada metode konversi konsumsi bahan bakar memerlukan data konsumsi bahan bakar pada mesin dan alat yang digunakan, sehingga semakin tua umur suatu mesin, maka konsumsi bahan bakar dan emisi CO_2 yang dihasilkan akan semakin besar. Mesin AMP yang digunakan di PT. Panca Dharma untuk memproduksi campuran aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan Cemoro Sewu umurnya sudah tua, mesin ini dibuat pada tahun 1984 kemudian direkondisi pada tahun 1994, dan kemudian dibeli oleh PT. Panca Dharma pada tahun 2002. Jika dihitung dari awal pembuatannya, berarti umur dari mesin AMP yang digunakan ini sudah berumur 28 tahun, ini yang menjadi penyebab besarnya emisi gas CO_2 yang dihasilkan pada saat produksi campuran aspal. Sedangkan untuk tahap transportasi, truk-truk yang digunakan juga umurnya sudah tua, karena truk-truk yang digunakan rata-rata keluaran tahun 1990, yang berarti sekarang sudah berumur 22 tahun, sedangkan pada tahap pengaspalan, alat-alat yang digunakan seperti *asphalt paver, tandem roller* dan *tire roller* adalah keluaran tahun 2003, jika dibandingkan dengan alat yang digunakan pada tahap yang lainnya, umur alat-alat yang digunakan pada tahap

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

pengaspalan jauh lebih muda, sehingga selisih emisi gas CO_2 yang dihasilkan pada tahap pengaspalan juga kecil.

Berdasarkan pembahasan diatas, jika nantinya akan dipergunakan di Indonesia untuk mengetahui emisi gas CO_2 pada konstruksi perkerasan jalan, maka metode konversi konsumsi bahan bakar lebih tepat digunakan dibandingkan dengan metode Tabel *Energy Use and GHG Emissions for Pavement Construction*, karena dengan metode konversi bahan bakar hasil yang diperoleh akan lebih mendekati kondisi yang sebenarnya karena langsung mengetahui kebutuhan bahan bakar yang digunakan sesuai dengan kondisi dari mesin dan alat yang digunakan saat ini.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Total energi yang dikonsumsi pada pekerjaan konstruksi jalan Cemoro Sewu yaitu sebesar 3.215.200,354 MJ (Tabel *Energi Use and GHS Emission for Pavement Contruction*) dan sebesar 3.750.151,614 MJ atau setara dengan 104.199,8 liter solar (konversi bahan bakar).
2. Total emisi gas rumah kaca (CO_2) yang dihasilkan pada pekerjaan konstruksi perkerasan jalan Cemoro Sewu yaitu sebesar 247.118,704 kgCO_2 (Tabel *Energi Use and GHS emission for Pavement Contruction*) dan sebesar 278.213,526 kgCO_2 (konversi bahan bakar).
3. Tahap campuran aspal adalah tahap yang paling besar mengkonsumsi energi yaitu sebesar 2.868.968,448 MJ dan menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2), sebesar 212.840,949 kg.
4. Hasil perbandingan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (CO_2) dengan menggunakan metode konversi bahan bakar lebih besar dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan metode Tabel *Energi Use and GHS Emission for Pavement Contruction* yaitu terdapat selisih konsumsi energi sebesar 410.949,042 MJ dan selisih emisi gas CO_2 sebesar 24.008,980 kg, yang disebabkan karena faktor umur dari mesin dan alat yang digunakan.

commit to user

perpustakaan.uns.ac.id digilib.uns.ac.id

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini hanya meninjau tahap produksi campuran aspal, tahap transportasi, dan tahap konstruksi. Maka pada penelitian selanjutnya, perlu menambahkan tahapan lain yang belum ditinjau, seperti tahap produksi material, tahap persiapan dan pembersihan lahan.
2. Jika akan digunakan di Indonesia, maka metode konversi konsumsi bahan bakar lebih tepat digunakan, karena langsung mengetahui kebutuhan bahan bakar yang digunakan sesuai dengan kondisi dari mesin dan alat yang digunakan saat ini, sehingga hasil yang diperoleh akan mendekati dengan kondisi yang sebenarnya.
3. Tahap produksi campuran aspal menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO_2) terbesar, oleh karena itu perlu dilakukan penanaman pohon disekitar lokasi AMP untuk meningkatkan serapan emisi gas rumah kaca (CO_2). Pohon yang disarankan yaitu pohon Trembesi karena mampunyai daya serap CO_2 paling besar diantara pohon yang lain, yaitu mampu menyerapa 79,023 kgCO_2 per hari.

commit to user