



Drs. Gugun Gunawan, M.Si

PERHITUNGAN DAN MITIGASI GAS RUMAH KACA-CO₂ BIDANG JALAN



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN**

JL. A.H. Nasution No.264 P.O.BOX 2 Bandung 40294 Indonesia, Telp(022) 7802251 Fax(022) 7802726 email: pusjatan@pusjatan.pu.go.id

**NASKAH ILMIAH
PERHITUNGAN DAN MITIGASI GAS
RUMAH KACA-CO₂ BIDANG JALAN**

Penulis : **Drs. GUGUN GUNAWAN, M.Si**

Cetakan Ke-2 Desember 2013

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan
Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-016-5

Kode Kegiatan :

Kode Publikasi : IRE - TR – 70 / 2012

Koordinator Penelitian

Ir. Pantja Dharma Oetojo, M.Eng.Sc.
PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN

Ketua Program Penelitian

Drs. Gugun Gunawan, M.Si

Editor

Ir. Agus Bari Sailendra, M.Sc

Layout & Design:

Yosi Samsul Maarif, S.Sn

Percetakan:

Djatnika Bandung (Anggota IKAPI)

Diterbitkan oleh:

Kementerian Pekerjaan Umum
Badan Penelitian dan Pengembangan
Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan
Jembatan
Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung –
Bandung 40294

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan
info@pusjatan.pu.go.id

ISBN 978-602-264-016-5



**KEANGGOTAAN SUB TIM
TEKNIS BALAI TEKNIK LALU LINTAS &
LINGKUNGAN JALAN**

Ketua:

Ir. Agus Bari Sailendra, MT.

Sekretaris:

Ir. Nanny Kusminingrum

Anggota:

Ir. Gandhi Harahap, M.Eng.

DR. Ir. IF Poernomosidhi, M.Sc.

DR. Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc.

Ir. Sri Hendarto, M.Sc.

DR. Ir. Tri Basuki Juwono, M.Sc.

© PUSJATAN 2012

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2012, pada paket pekerjaan Penyusunan Naskah Ilmiah Litbang Teknologi Jalan Ramah Lingkungan DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan. Pandangan-pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dimuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara ekslusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Tulisan ini dapat digunakan secara bebas sebagai bahan referensi, pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan sejauh pemegang HAKI dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Buku pada terbitan edisi pertama didesain dalam cetakan hitam putih, akan tetapi versi e-book dari buku ini telah didesain untuk dicetak berwarna. Buku versi e-book dapat diunduh dari website pusjatan.pu.go.id serta untuk keperluan pencetakan bagi perorangan dan pemanfaatan non-komersial dapat dilakukan melalui pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum.



sumber: good-wallpapers.com

PRAKATA

Buku yang berjudul Perhitungan dan Mitigasi Gas Rumah Kaca –CO2 Bidang jalan, merupakan kumpulan technical Note dari kegiatan Penyusunan Naskah Ilmiah Perhitungan dan Mitigasi Gas Rumah Kaca –CO2 Bidang jalan pada kelompok Program Penelitian Teknologi Jalan dan Jembatan yang ramah Lingkungan pada Tahun 2012.

Buku ini berisikan tentang informasi dan pengertian gas rumah kaca dan perubahan iklim, efek rumah kaca, inventarisasi dan penyerapan gas rumah kaca bidang jalan, perhitungan inventarisasi tingkat emisi CO2 pada AMP, emisi CO2 dari AMP, Perhitungan Inventarisasi Tingkat Emisi CO₂ dari Aktivitas Kendaraan di Jalan, Perhitungan Emisi CO2 dari Kegiatan Pekerjaan Jalan, tanaman penyerap gas rumah kaca, dan perhitungan kebutuhan tanaman dalam mereduksi gas CO2 untuk pengendalian pada bidang jalan. Diharapkan naskah ini dapat memberikan informasi kepada kita tentang perhitungan emisi CO2 dari AMP, aktivitas lalu lintas dan kegiatan pekerjaan jalan, serta dapat menghitung kebutuhan tanaman untuk Mitigasi/mereduksi emisi CO2 yang diemisikan dari Bidang jalan.

Kami menyadari bahwa naskah ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu kami harapkan demi kesempurnaan buku ini.

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR GAMBAR	8
I. PENDAHULUAN	9
1.1 Latar Belakang	10
1.2 Ruang Lingkup Naskah	11
II. GAS RUMAH KACA DAN PERUBAHAN IKLIM	13
2.1 Terminologi	14
2.2 Efek Rumah Kaca	16
2.3 Inventarisasi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca	18
III. INVENTARISASI GAS RUMAH KACA (CO₂) BIDANG JALAN	21
3. 1 Perhitungan Inventarisasi Tingkat Emisi CO ₂ Pada AMP	22
3.1.1 Peralatan unit pencampur aspal panas tipe takaran (<i>batch type</i>) yang menjadi sumber Emisi CO ₂	22
3.1.2 Peralatan unit pencampur aspal panas tipe menerus (<i>continuous type</i>) yang menjadi sumber emisi CO ₂	26
3.2 Emisi AMP - 27	
3.2.1 Faktor Emisi Bahan Bakar yang digunakan pada AMP	28
3.2.2 Pengukuran Emisi CO ₂ dari Cerobong di AMP	29
3.2.3 Emisi CO ₂ (sektor Industri AMP)	30
3.3 Perhitungan Inventarisasi Tingkat Emisi CO ₂ dari Aktivitas Kendaraan di Jalan	31
3.3.1 Faktor Emisi CO ₂ dari Kendaraan	31
3.3.2 Kecepatan Kendaraan	33
3.3.3 Estimasi Emsi CO ₂ dari aktivitas Transportasi	36
3.4 Perhitungan Emisi CO ₂ dari Kegiatan Pekerjaan Jalan	40
3.4.1 Material	40
3.4.2 Peralatan	42
IV. TANAMAN PENYERAP GAS RUMAH KACA (CO₂)	45
V. PERHITUNGAN EMISI CO₂ DAN KEBUTUHAN TANAMAN PENYERAP CO₂ BIDANG JALAN	51
5.1 Perhitungan Emisi CO ₂ dan Kebutuhan Tanaman Penyerap Gas CO ₂ pada AMP	52
5.2 Perhitungan kebutuhan tanaman untuk mereduksi emisi CO ₂ di AMP. - 55	
5.3 Perhitungan Emisi CO ₂ dan Kebutuhan Tanaman Penyerap Gas CO ₂ di Ruas Jalan	56
5.3.1 Contoh Data Lalu lintas (lokasi kajian jalan Soekarno Hatta Bandung)	59
5.3.2 Perhitungan Emisi CO ₂ dan Kebutuhan Tanaman Penyerap Gas Rumah Kaca (CO ₂) di Ruas jalan	61
5.3.2.1 Perhitungan Emisi CO ₂ lokasi Kajian	61
5.3.2.2 Perhitungan Kebutuhan Tanaman Penyerap GRK Lokasi Kajian	62
Daftar Pustaka	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	GRK yang tercakup dalam IPCC 2006 Guideline	15
Tabel 2.2.	Besarnya GWP masing-masing GRK	20
Tabel 3.1	Faktor emisi GRK sumber tak bergerak dan bergerak	28
Table 3.2	Emisi CO ₂	28
Tabel 3.3	Data Emisi Cerobong di AMP	29
Tabel 3.4	Data Emisi Cerobong di AMP	30
Table 3.5.	Kualitas Udara di AMP Di PT Yasa Patria Perkasa (Bekasi)	30
Tabel 3.6	Data Kebutuhan BBM Asphalt Mixing Plant	31
Tabel 3.7	Factor Emisi CO ₂	32
Tabel 3.8	Kontribusi CO ₂ Mobil Penumpang	32
Tabel 3.9.	Kontribusi CO ₂ Bus	33
Tabel 3.10	Kontribusi CO ₂ Sepeda Motor	33
Table 3.11	Emisi CO ₂	33
Tabel 3.12	Emisi CO ₂ Berbagai Moda Transportasi	33
Tabel 3.13	Kecepatan rencana sesuai tipe dan kelas	34
Tabel 3.14	Ruang Jalan dan bagian-bagiannya (UU 38/2004, PP 34/2006)	34
Tabel 3.15	Lebar badan Jalan Minimum sesuai fungsi jalan (PP 34/2006)	35
Tabel 3.16	Spesifikasi dan Lebar Badan jalan minimum berdasarkan penyediaan prasarana jalan Naskah CO ₂ pada AMP (UU 38/2004, PP 34/2006)	35
Tabel 3.17	Estimasi emisi dari transportasi jalan raya	36
Tabel 3.18	Faktor Emisi Produk Bahan bakar	37
Tabel 3.19	Rata rata Konsumsi BB menurut Jenis Kendaraan	37
Tabel 3.20	Data Factor Emisi CO ₂ dan CH ₄ Serta Nilai Fuel Economy Kendaraan Bermotor Menurut Lestari (2005) dan IPCC (1996)	38
Tabel 3.21	Hubungan Emisi CO ₂ dengan kecepatan	38
Tabel 3.22	Faktor konversi energy dan factor emisi bahan bakar (IPCC, 2006)	38
Tabel 3.23	Emisi CO ₂ di Indonesia, berdasarkan jumlah Kendaraan (2009)	39
Tabel 3.24	Daftar Pemakaian BBM dan Pelumas tiap satuan dan jenis pekerjaan	40
Tabel 3.25	Daftar Pemakaian BBM dari Perlatan pada pekerjaan jalan	42
Tabel 4.1	Kemampuan Jenis Pohon dalam Menyerap CO ₂ oleh Karyadi (2005)	47
Tabel 4.2	Kemampuan Jenis Pohon Dalam Menyerap CO ₂ oleh Purwaningsih (2007)	48
Tabel 4.3	Pendugaan Daya serap total karbondioksida Kebun Raya Bogor	49
Tabel 4.4	Daya serap vegetasi terhadap gas CO ₂	50
Tabel 5.1	Faktor Emisi GRK Peralatan Tak Bergerak Naskah CO ₂ pada AMP dan Bergerak	52
Table 5.2	Nilai Kalor Bahan bakar Indonesia	53
Table 5.3	Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri Energi (kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto)	53
Tabe 5.4	Contoh perhitungan emisi GRK di AMP	54
Tabe 5.5	Contoh perhitungan emisi GRK di AMP untuk produksi 100 Ton perhari	56
Tabel 5.6	Emisi gas CO ₂ yang dihasilkan oleh beberapa jenis bahan bakar	57
Tabel 5.7	Daya serap vegetasi terhadap gas CO ₂	59
Tabel 5.8	Data Lalu Lintas Jl Soekarno Hatta arah SAMSAT Bandung	59
Tabel 5.9	Data Lalu Lintas Jl Soekarno Hatta arah Cibiru Bandung	60
Tabel 5.10	Kecepatan kendaraan jalur lambat dan jalur cepat	61
Tabel 5.11	Perhitungan Emisi CO ₂ setiap Km Jalan pada setiap Jamnya	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Teori Efek Rumah Kaca	17
Gambar 3.1	Konstribusi GRK CO ₂ Pada Bidang jalan	22
Gambar 3.2	Pengisian Bin Dingin Memakai Wheel Loader	22
Gambar 3.3	Pengangkutan Agregat Dingin Ke Dryer	23
Gambar 3.4	Penyembur Api (Burner)	23
Gambar 3.5	Elevator Panas (Hot Elevator)	23
Gambar 3.6	Tipikal Saringan Panas (Hot Screen) Dengan Pembagian Ruangan atau Compartment Dalam Bin Panas (Hot Bin)	24
Gambar 3.7	Alat Timbangan Pada Bin Penimbang (Weigh Bin)	24
Gambar 3.8	Mekanisme Pembukaan/ Penutupan Pintu Pengeluaran dari Pugmill	24
Gambar 3.9	Elevator Bahan Pengisi (Filler) Dengan Penimbangnya	25
Gambar 3.10	Tangki Aspal Dengan Burner Pemanas Aspal	25
Gambar 3.11	Skema aliran pada pengumpul debu (dust collector) jenis basah atau <i>wet type</i>	26
Gambar 3.12	Peralatan pencampur aspal panas tipe menerus (continuous type)	27
Gambar 3.13	Kondisi AMP di Cirebon	29
Gambar 3.14	Kondisi AMP di Bekasi Naskah CO ₂ pada AMP	30
Gambar 3.15	Emisi CO ₂ di Sektor Industri	31
Gambar 5.1	Jalan Soekarno Hatta Bandung	60



Sumber: yoitsmarketti.deviantart.com

BAB 1

PENDAHULUAN



Sumber : alamendah.org

1.1 Latar Belakang

Konferensi Perubahan Iklim ke-15 tahun 2009 yang diselenggarakan di kota Kopenhagen Denmark, dihadiri oleh 194 negara di dunia, yang dikelompokkan menjadi kelompok negara maju, negara berkembang, negara kepulauan kecil dan negara tertinggal. Indonesia masuk ke dalam bagian kelompok negara berkembang dan pada kesempatan tersebut Indonesia menyampaikan usulan-usulan untuk mitigasi dan adaptasi pemanasan global dan perubahan iklim. Point usulan yang disampaikan oleh Indonesia antara lain:

- ◆ Negara maju perlu untuk menentukan target penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) dengan menjaga suhu global tidak meningkat sampai dua derajat Celcius pada tahun 2050.
- ◆ Negara maju perlu ikut andil dalam pembiayaan untuk penanganan dampak perubahan iklim yang dilakukan oleh negara berkembang dan negara tertinggal.
- ◆ Penerapan pola pembangunan yang ramah lingkungan perlu dilakukan



Sumber : alamendah.org

untuk mengurangi jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) dan perlu adanya MRV (*Measurement, Reporting, Verifying*) dalam pelaksanaan komitmen penanganan perubahan iklim.

Kementerian Pekerjaan Umum yang merupakan bagian dari pemerintah sebagai penyelenggara di bidang infrastruktur juga ikut mengimplementasi pembangunan yang berwawasan lingkungan kaitannya dengan perubahan iklim, hal tersebut diimplementasikan dalam Rencana Strategis (Renstra) 2010-2014. Selanjutnya hal tersebut juga ditegaskan dalam Undang-Undang (UU) sektor ke-PU-an. Salah satunya

adalah Undang-Undang Jalan (UU No. 38/2004) yang mewajibkan agar dalam pengelolaan jalan sungguh-sungguh memerhatikan kelestarian lingkungan.

Hal yang sama juga tertuang dalam Perpres No. 71 tahun 2011 bahwa untuk mendukung pelaksanaan komitmen penanganan perubahan iklim maka perlu dibuat metode MRV (*Measurement, Reporting, Verifiable*).

Sumber emisi GRK paling utama dari sektor bidang jalan adalah kegiatan pembuatan campuran perkerasan asphalt di AMP, aktivitas transportasi (kendaraan), dan kegiatan pekerjaan konstruksi jalan. Dalam rangka itu maka dilakukan penyusunan naskah perhitungan tingkat emisi dan mitigasi gas rumah kaca (CO_2) Bidang Jalan



1.2 Ruang Lingkup Naskah

Ruang lingkup buku metodologi perhitungan tingkat emisi DAN MITIGASI gas rumah kaca (CO_2) BIDANG JALAN membahas tentang :

- ◆ PENDAHULUAN
- ◆ GAS RUMAH KACA DAN PERUBAHAN IKLIM, Mencakup Gambaran umum Gas Rumah kaca (GRK) dan perubahan

iklim yang meliputi Terminologi, Efek Rumah Kaca, inventarisasi dan penyerapan GRK .

- ◆ INVENTARISASI GAS RUMAH KACA (CO₂)
BIDANG JALAN, yang mencakup :
 - FAKTOR EMISI BAHAN BAKAR
 - PERHITUNGAN TINGKAT EMISI CO₂ PADA AMP
 - PERHITUNGAN TINGKAT EMISI CO₂ AKIBAT AKTIVITAS KENDARAAN (TRANSPORTASI)
 - PERHITUNGAN CO₂ AKIBAT KEGIATAN PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN
- ◆ MITIGASI GAS RUMAH KACA (CO₂)
BIDANG JALAN DENGAN TANAMAN.



www.faktailmiah.com

BAB 2

GAS RUMAH KACA DAN PERUBAHAN IKLIM



pics4twitts.com

2.1 Terminologi

GRK adalah gas-gas yang diemisikan atau diserap secara alami atau *anthropogenic* (akibat aktivitas manusia) yang keberadaannya di atmosfer ikut menentukan secara langsung atau tidak langsung terhadap perubahan variable iklim (terutama variable temperatur dan curah hujan) yang menandai terjadinya perubahan iklim global.

Perubahan iklim global yang dimaksud adalah fenomena berubahnya beberapa variable iklim, khususnya temperatur dan curah hujan, yang terjadi secara berangsur dalam jangka waktu yang lama dan diduga kuat diakibatkan oleh peningkatan konsentrasi GRK di

atmosfer yang keberadaannya (secara langsung atau tidak langsung) berasal dari aktivitas manusia atau alami. Inventarisasi emisi GRK hanya mencakup emisi dari aktivitas manusia.

Jenis dan Sumber-sumber Utama Emisi dan Penyerapan GRK

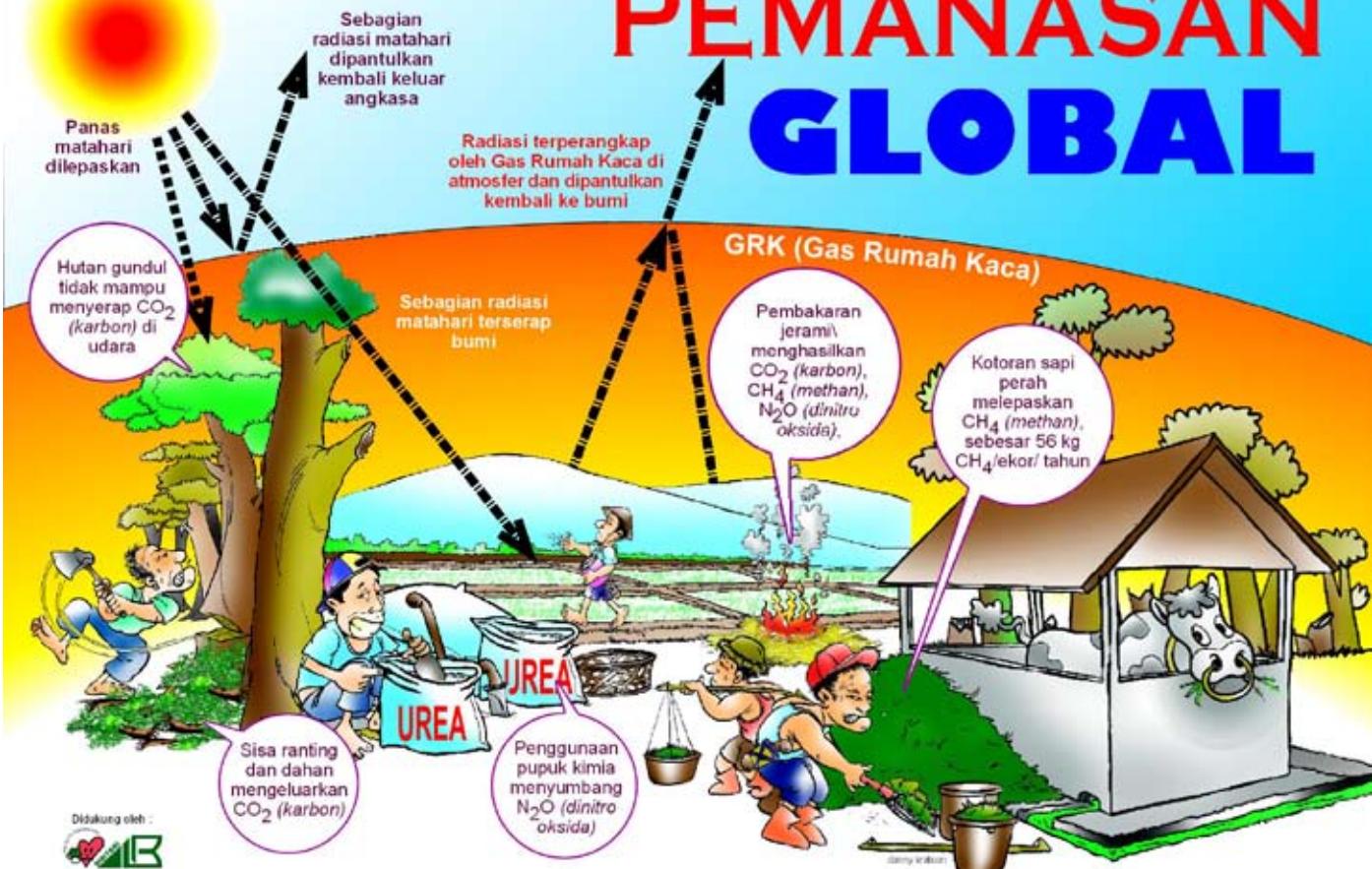
Investasi GRK mencakup emisi dan penyerapan gas-gas *anthropogenic* sebagaimana yang tercakup dalam IPCC 2006 GL (tabel 2.1)

Tabel 2.1 GRK yang tercakup dalam IPCC 2006 *Guideline*

GRK/Simbol	IPCC 1996	IPCC 2006
<i>Carbon Dioxide</i> (CO ₂)	Ya	Ya
<i>Methane</i> (CH ₄)	Ya	Ya
<i>Nitrous Oxide</i> (N ₂ O)	Ya	Ya
<i>Hydrofluorocarbons/HFCs</i> (HFC-23, HFC-134a, HFC-152a)	Ya	Ya
<i>Perfluorocarbons</i> (PFCs)	Ya	Ya
<i>Sulphur Hexafluoride</i> (SF ₆)	Ya	Ya
<i>Nitrogen Trifluoride</i> (NF ₃)		Ya
<i>Trifluoromethyl Sulphur Pentafluoride</i> (SF ₅ CF ₃)		Ya
<i>Halogened Ethers</i> (e.g. C ₄ F ₉ OC ₂ H ₅ , CHF ₂ OCF ₂ OC ₂ F ₄ OCHF ₂ , CHF ₂ OCF ₂ OCHF ₂)		Ya
<i>Halocarbon</i> lainnya yang tidak termasuk Protokol Montreal seperti CF ₃ I, CH ₂ Br ₂ CHCl ₃ , CH ₃ Cl, CH ₂ Cl ₂) dan gas-gas yang GWPnya dapat ditentukan pada IPCC 2006 GL seperti C ₃ F ₇ C (O) C ₂ F ₅ , C ₇ F ₁₆ , C ₄ F ₆ , C ₅ F ₈ and c-C ₄ F ₈ O*		Ya

gas-gas ini kadang-kadang digunakan sebagai gas-gas yang termasuk di dalam inventarisasi dan inventarisasi nasional didorong untuk melakukan estimasi terhadap gas-gas tersebut

PEMANASAN GLOBAL



jurnalistyazania.wordpress.com

2.2 Efek Rumah Kaca

Menurut Abdul Rozak tahun 2008, Manusia telah meningkatkan jumlah Karbodioksida yang dilepas ke atmosfer ketika mereka membakar bahan bakar fosil, limbah padat, dan kayu. Metana (CH_4) yang merupakan insulator yang efektif yang mampu menangkap panas 20 kali lebih banyak bila dibandingkan karbodioksida. Metana dilepaskan selama produksi dan transportasi, batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Nitrogen oksida dapat menangkap panas 300 kali lebih besar dari karbodioksida. Gas-gas tersebut merupakan penyebab efek rumah kaca.

Masih menurut Abdul rozak Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbodioksida (CO_2) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Energi yang masuk ke bumi 25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer, 25% lagi diserap awan, kemudian 45% diadsorpsi permukaan bumi, dan 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi. Ilustrasi penjabaran tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :

Gambar 2.1 Teori Efek Rumah Kaca

Energi yang diadsoprsi dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO₂ dan gas lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan, dengan adanya efek rumah kaca perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi tidak terlalu jauh berbeda.



Kekhawatiran akan terjadinya global warming sebetulnya telah terlontar lebih dari seabad lalu. Arrhenius membuktikan bahwa kadar CO₂ pada batuan es yang berasal dari zaman es hanya separuh dari konsentrasi yang terkandung di dalam salju dari zamannya. Karenanya dia berpendapat kenaikan suhu atmosfer akan terjadi beriringan dengan naiknya konsentrasi CO₂. Maka , ia mengingatkan bahwa konsumsi bahan bakar fosil, yang menjadi sumber emisi CO₂, bisa menyebabkan lonjakan suhu bumi yang tak terkontrol.

Penumpukan karbon dioksida di atmosfer itu ibarat tabir yang menghadang radiasi panas dari bumi seisinya keluar angkasa. Proses itulah yang menjaga keseimbangan panas. Dengan begitu, tabir CO₂ itu dapat dianalogikan dengan atap serta dinding rumah kaca. Ia membiarkan radiasi matahari masuk, tapi mencegah radiasi panasnya kembali terpancar keluar. Alhasil, suhu rumah kaca lebih tinggi dari sekitarnya. Gejala pemanasan bumi itupun sering disebut sebagai efek rumah kaca.

Dampak dari perubahan iklim merupakan hal nyata yang telah dirasakan oleh banyak negara, dan negara-negara berkembang mempunyai tingkat resiko yang tinggi terkena dampak perubahan iklim ini. Menurut Laporan ke 4 IPCC pada tahun 2007, ketahanan di masa depan tidak tergantung hanya pada perubahan iklim saja tapi juga pada kemampuan mengejar pembangunan. Dengan pembangunan yang berkelanjutan, ketahanan dapat ditingkatkan dan untuk menjadikannya berhasil adaptasi seharusnya diterapkan dalam konteks perencanaan pembangunan berkelanjutan secara nasional dan internasional.

Tak pelak, neraca karbon harus terus dikalkulasi ulang. Salah hitung, bumi akan mengalami ledakan karbon yang akan menjadi sumber bencana perubahan iklim. Tak mudah menentukan bujet karbon secara global. Mereduksi emisi secara drastis sama halnya mengendorkan aktivitas secara ekonomi secara luas, dan mengurangi kenyamanan hidup. Tapi langkah pemangkasan karbon tidak bisa ditunda-tunda lagi, tak bisa ditawar-tawar lagi. Yang diperlukan adalah langkah nyata.

Prof.Daniel Mudyarso, guru besar Meteorologi Pertanian IPB, dalam bukunya Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim (2003), menuliskan bahwa di dalam pasal 2 Piagam PBB tersebut menuliskan bahwa tujuan konvensi adalah menstabilkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer ke tingkat tertentu dari kegiatan manusia yang membahayakan sistem iklim.

2.3 Inventarisasi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca

Pelaksanaan Inventarisasi GRK Nasional merujuk metodologi/pedoman yang telah tersedia dan diterima banyak pihak, baik secara nasional maupun internasional. Penyusunan Informasi Ringkas Investasi Gas Rumah Kaca ini merujuk *UNFCCC-GHG Emissions Inventory Guidelines* (IPCC 2006).

IPCC 2006 GL berisi aspek-aspek yang terkait “*how to do*” didalam inventarisasi GRK, yaitu memberikan panduan tentang pelaksanaan kuantifikasi dan pelaporan emisi GRK. Isu-isu yang terkait pertanyaan “*what to do*” didalam pengelolaan data tingkat emisi dan penerapan GRK merujuk ISO 14064, yaitu Standar Inventarisasi GRK tingkat organisasi (14064-1) dan tingkat *project* (14064-2) yang berisi panduan perancangan, pengembangan, pelaporan, dan verifikasi inventarisasi GRK.

Berdasarkan IPCC 2006 GI, terdapat 3 tingkat ketelitian dalam perhitungan emisi dan penyerapan GRK, yaitu *Tier-1*, *Tier-2*, dan *Tier-3*. *Tier 1*: estimasi berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi *default*. *Tier 2*: estimasi berdasarkan data aktifitas yang lebih akurat dan faktor *emisi default* atau *country specific/plant spesific*. *Tier 3*: estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu Negara dengan data aktifitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi *country specific/plant specific*. Penentuan *Tier*, metoda perhitungan, data aktifitas, dan faktor emisi masing-masing sektor/kegiatan berbeda-beda. Di Indonesia dan Negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan *Tier-1*. *Tier -1* merupakan perhitungan emisi/penyerapan GRK paling sederhana, yaitu menggunakan persamaan dasar (*basic equation*) dan faktor *default* emisi atau penyerapan (dari IPCC *Guideline*) sebagai berikut.

$$\text{Emisi/Penyerapan GRK} = \text{AD} \times \text{EF}$$

Dimana:

- AD:** Data aktifitas terkait emisi atau penyerapan GRK (misal jumlah bahan yang diproduksi atau dikonsumsi, luastutuhan lahan, dan lain-lain)
- EF:** Faktor emisi atau penyerapan GRK, yaitu besarnya emisi per unit produksi/konsimsi atau penyerapan per unit serapan

Perhitungan tingkat emisi atau penyerapan GRK dimulai dengan kompilasi data aktivitas (besaran kuantitatif *anthropogenic*) yang melepaskan atau menyerap GRK. Faktor emisi atau penyerapan GRK adalah besaran yang menunjukkan jumlah emisi atau serapan GRK yang dilepas suatu kegiatan yang besarnya bervariasi dimana pada Tier-1 digunakan *default value* (IPCC 2006 GL).

A. Estimasi Tingkat Emisi GRK Kegiatan Penyediaan/Penggunaan Energi

Sumber utama emisi GRK pada penyediaan dan penggunaan energy dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu sumber tidak bergerak (station air) dan sumber bergerak. Kategori ini membedakan faktor emisi untuk jenis bahan bakar yang sama. Emisi GRK kegiatan pembakaran bahan bakar fosil (Tier-1) diperkirakan dengan:

$$\text{Emisi}_{\text{GHG,fuel}} = \text{konsumsi}_\text{bahanbakar} \times \text{Faktor}_\text{emisi}_{\text{GHG,fuel}}$$

$$\text{Emisi}_{\text{GHG}} = \text{fuel} \times \text{Emisi}_{\text{GRK,fuel}}$$

Dimana:

- *Emisi* _{GHG,fuel}: emisi GRK tertentu untuk setiap jenis bahan bakar, Kg GRK
- *Konsumsi bahan bakar* _{fuel}: jumlah bahan bakar tertentu yang dikonsumsi, GJ/tahun
- *Faktor Emisi* _{GHG,fuel}: faktor emisi GRK dari bahan bakar tertentu, Kg GRK/Tj

Tingkat emisi CO₂ (ton CO_{2eq}) pembakaran beberapa bahan bakar fosil merupakan penjumlahan emisi masing-masing bahan bakar.

$$\text{Emisi}_{\text{CO2}} = \text{tonCO2}_{\text{batubara}} + \text{tonCO2}_{\text{gasbumi}} + \text{tonCO2}_{\text{BBM}}$$

Perhitungan emisi GRK dari kegiatan pembakaran bahan bakar fosil dengan pendekatan Tier-1 membutuhkan data-data:

- Volume bahan bakar fosil yang dibakar pada kegiatan yang merupakan sumber emisi GRK yang datanya merujuk table neraca energi nasional dan umumnya perlu konversi dari volume(liter, BOE, MMSCF, TOE) menjadi GJ per tahun ;
- Faktor emisi *default* untuk C per unit energi (berdasarkan IPCC GL) dan *heating value* masing-masing bahan bakar menggunakan FE local atau default IPCC GL ;
- Konversi ton GRK menjadi ton CO_{2eq} menggunakan GWP (Tabel 2.2).

Gas-gas Rumah Kaca (GRK)	GWP yang direkomendasikan UNFCCC (2002) dan dapat diaplikasikan s/d 2012	GWP yang telah direvisi IPCC (IPCC's third assessment 2001), yang diaplikasikan setelah 2012
Carbon dioxide, CO ₂	1	1
Methane, CH ₄	21	23
Nitrous Oxide, N ₂ O	310	296
Hydrofluorocarbons, HFC	140 - 11,900	120 - 12,000
Perfluorocarbons	6.500 - 9,200	5.700 - 11,900
Sulfur Hexafluoride	23,900	22,200

Tabel 2.2. Besarnya GWP masing-masing GRK

Merujuk Tier-1 (IPCC 2006), penghitungan emisi kegiatan penyediaan/penggunaan energy menggunakan pendekatan top-down (*reference*) dan bottom-up (*sectoral*). Pada *reference approach*, kegiatan pembakaran bahan bakar fosil di sektor energi dikelompokan dalam berbagai tipe bahan bakar(minyak, gas, dan batubara). Pada sektoral *approach*, kegiatan pembakaran bahan bakar fosil dikelompokkan dalam berbagai kategori sumber/kegiatan, yaitu produksi energy (listrik, batubara, BBM, gas, dll), industri, transport, dan rumah tangga/komersial. Inventarisasi kegiatan sektor energi menggunakan pendekatan *reference* dan *sectoral*. Hasil perhitungan keduanya jika dibandingkan terdapat *discrepancy* (ketidak sesuaian) sekitar 5%.



world.edu

BAB 3

INVENTARISASI GAS RUMAH KACA (CO₂) BIDANG JALAN

Penggunaan Energi merupakan salah satu sektor penting dalam inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK) pada Bidang Jalan.

Adapun penggunaan energy meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- (i) Penggunaan bahan bakar di peralatan-peralatan stasioner (di industri AMP)
- (ii) Peralatan-peralatan yang bergerak , kendaraan ringan/berat dan alat alat konstruksi serta aktivitas transportasi di jalan (transportasi)
- (iii) Pelaksanaan konstruksi jalan dan jembatan.

Ilustrasi cakupan inventarisasi GRK pada bidang jalan diperlihatkan pada Gambar 3.1

Gambar 3.1 Kontribusi GRK CO₂ Pada Bidang jalan



3. 1 Perhitungan Inventarisasi Tingkat Emisi CO₂ Pada AMP

3.1.1 Peralatan unit pencampur aspal panas tipe takaran (*batch type*) yang menjadi sumber Emisi CO₂,

Pada tipe takaran atau batch tipe maka proses pencampurnya dilaksanakan tiap kali sesuai jumlah besaran takaran (*batch type*). Komponen utama yang penting pada peralatan pencampur aspal panas (AMP) jenis takaran (*batch type*) adalah:

1) Bin dingin (*Cold Bin*)

Bin dingin atau Cold Bin ini adalah bak tempat menampung material agregat dari tiaptiap fraksi mulai dari agregat halus sampai agregat kasar yang diperlukan dalam memproduksi campuran aspal panas atau hotmix.



Gambar 3.2 Pengisian Bin Dingin
Memakai Wheel Loader

2) Pengangkut agregat dingin

Agregat dingin dari beberapa fraksi yang sudah ditampung pada ban berjalan kolektor (*Collecting Belt Conveyor*) selanjutnya dibawa untuk dituangkan ke dalam alat pengering atau dryer dengan cara dibawa oleh ban berjalan (belt conveyor) lainnya, atau dengan cara dibawa oleh elevator dingin (*cold elevator*).

Gambar 3.3 Pengangkutan Agregat Dingin Ke Dryer



Gambar 3.4 Penyembur Api (Burner)

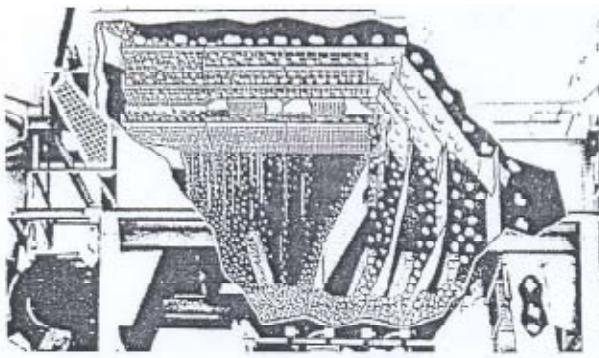
agregat hasil pengeringan tidak boleh fluktuasi 175°C (+ 5°C) dari temperatur pengeringnya yang ditargetkan.

4) Elevator panas (Hot Elevator)

Elevator panas atau hot elevator berfungsi sebagai pembawa agregat panas yang keluar dari silinder pengering atau dryer ke saringan (ayakan) panas atau hot screening unit untuk dipilah-pilah sesuai ukuran fraksi masing-masing.



Gambar 3.5 Elevator Panas (Hot Elevator)



Gambar 3.6 Tipikal Saringan Panas (Hot Screen) Dengan Pembagian Ruangan atau Compartment Dalam Bin Panas (Hot Bin)

5) Bin panas (Hot Bin)

Bin panas atau *hot bin* adalah tempat penampungan agregat panas setelah lolos dari saringan panas. Agregat panas yang lolos dari saringan panas tersebut masing-masing fraksinya akan mengisi ruangan sendiri-sendiri yang sudah terpisah di dalam bin panas. Jadi di dalam bin panas ini ada dinding-dinding pemisah yang memisahkan tiap fraksi agregat panas.

6) Bin penimbang (Weigh Bin)

Bin penimbang atau *weigh bin* adalah bin tempat menampung sekaligus menimbang agregat dari setiap fraksi agregat yang dibutuhkan untuk tiap kali pencampuran atau batch sebelum dioperasikan.

Gambar 3.7 Alat Timbangan Pada Bin Penimbang (Weigh Bin)



Gambar 3.8 Mekanisme Pembukaan/ Penutupan Pintu Pengeluaran dari Pugmill

7) Pencampur (Pugmill)

Di dalam pencampur atau *pugmill* ini semua material (dalam keadaan panas) yaitu agregat dan aspal dicampur untuk menghasilkan produk berupa campuran aspal panas atau *hotmix*.

Temperatur dari agregat panas yang berada di dalam pugmill harus sekitar 175°C. Kondisi ini diperlukan untuk dapat memperoleh temperatur campuran beraspal panas (*hotmix*) ± 150°C, maksimum 165°C.

8) Bahan pengisi atau filler

Bahan pengisi atau filler dituangkan ke dalam pencampur atau *pugmill* melalui 2 cara, yaitu melalui penimbangan bersama-sama agregat panas di dalam *weigh bin* atau ditimbang sendiri dan langsung dituangkan ke dalam pencampuran atau *pugmill*.

Gambar 3.9 Elevator Bahan Pengisi (Filler)
Dengan Penimbangnya



Gambar 3.10 Tangki Aspal Dengan Burner
Pemanas Aspal

9) Pemasok aspal

Aspal yang diperlukan untuk pencampuran disimpan di dalam bak penampung, bisa berbentuk bak kubikal atau bisa juga berbentuk silinder. Aspal yang disimpan di dalam bak penampung aspal dipanaskan untuk memperoleh tingkat keenceran yang cukup guna kemudahan dalam penyemprotan serta bentuk butiran-butiran aspal yang disemprotkan.

Temperatur aspal dalam pemanasan maksimum 170°C untuk aspal polimer atau aspal modifikasi, 160°C untuk aspal keras pen 60 agar temperatur aspal panas disemprotkan ke atas agregat panas dalam *pugmill* masih dapat mencapai sekitar $145^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$ tergantung jenis aspal.

10) Pengumpul debu atau dust collector

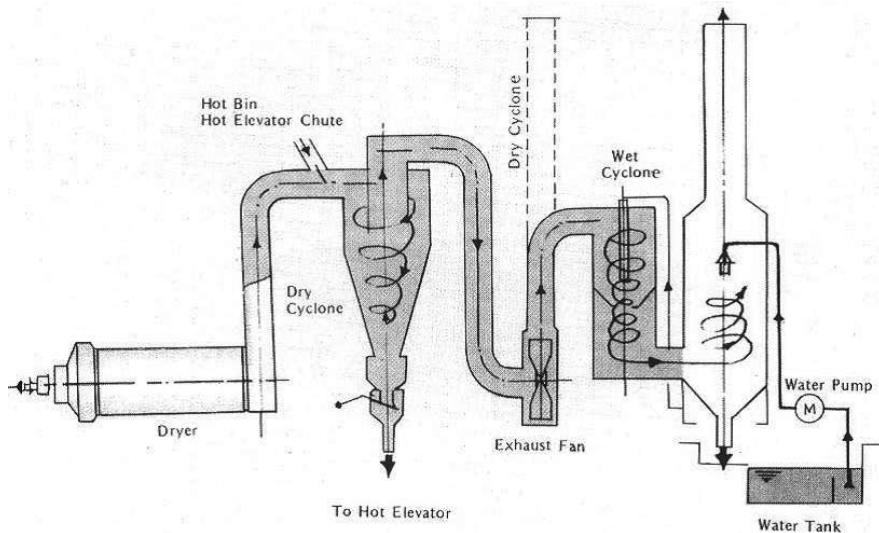
Pengumpul debu atau *dust collector* ini merupakan komponen yang selalu harus ada untuk menjaga kebersihan udara dan lingkungan dari debu-debu halus yang ditimbulkan selama proses AMP berjalan.

Ada 2 jenis pengumpul debu atau *dust collector*, yaitu :

- a) Jenis kering atau *dry cyclone*, dimana debu-debu dari buangan silinder pengering atau *dryer* dihisap ke dalam *silo cyclone* dan diputar sehingga partikel yang berat akan turun ke bawah sedangkan udara yang sudah tidak

mengandung partikel debu lagi akan dikeluarkan melalui cerobong. Partikel yang berat tersebut sering dipakai sebagai filler juga.

- b) Jenis basah atau wet scrubber, dimana pada jenis ini debu-debu yang terbawa udara buangan dari dryer dialirkan ke dalam suatu bak atau ruangan dan disemprot air, sehingga partikel-partikel debunya akan terbawa air turun dan ditampung dalam bak-bak penampung. Udara yang keluar sudah bersih dari debu-debu dan keluar melalui cerobong asap.



Gambar 3.11 Skema aliran pada pengumpul debu (dust collector) jenis basah atau wet type.

11) Tenaga penggerak

Untuk menjalankan semua bagian-bagian atau komponen-komponen AMP sumber tenaga utamanya adalah generator set atau gen set. Pada umumnya genset ini diputar oleh mesin diesel.

3.1.2 Peralatan unit pencampur aspal panas tipe menerus (continuous type) sumber emisi CO₂

Pada tipe menerus (*type*) baik type drum mix maupun *pugmill mix* proses pencampuran agregat panas dengan aspal panas terjadi terus menerus.

Pada *type drum mix* aspal panasnya disemprotkan ke atas agregat panas di dalam alat pengering di bagian ujung dekat sebelum pengeluaran. Sedangkan pemanas agregat (burner) ditempatkan di bagian ujung pemasukan agregat dingin.

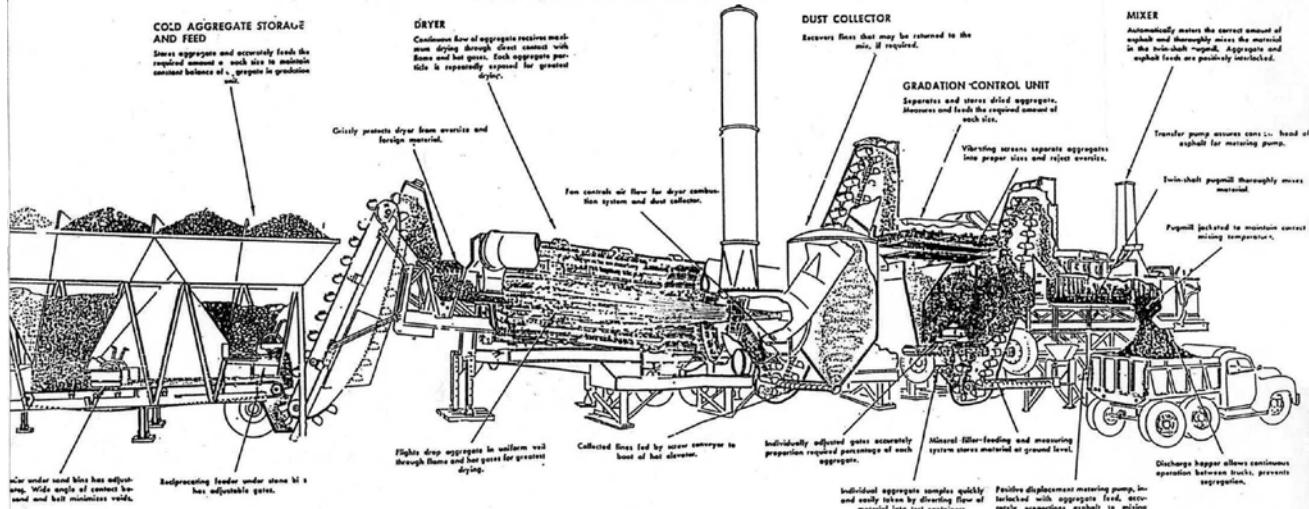
Pada *type pugmill mix* pencampuran agregat panas dengan aspal terjadi di dalam pugmill, dimana terjadi terus menerus pengadukan agregat panas dari beberapa fraksi atau hanya satu fraksi dengan aspal panas yang disemprotkan ke atas campuran

agregat tersebut secara terus menerus juga. Secara umum komponen-komponen utama yang penting pada peralatan pencampur aspal panas (AMP) tipe ini sama dengan pada AMP tipe batch, perbedaannya terletak pada proses pencampuran agregat panas dengan aspal panasnya, meskipun terjadi di dalam pugmill namun prosesnya terjadi terus menerus (pada tipe batch terjadi per batch), pengaliran agregat panas untuk tiap fraksinya terjadi terus menerus.

Pengaturan jumlah tiap fraksi agregat panas per jam diatur menurut besar kecilnya bukaan pintu pengeluaran yang terdapat pada bin panas.

Jadi pada AMP tipe menerus yang ini tidak ada bin penimbang atau *weigh bin*.

ASPHALT CONTINUOUS MIX PLANT



Gambar 3.12 peralatan pencampur aspal panas tipe menerus (continuous type)

3.2 Emisi AMP

AMP (Asphalt Mixing Plant) adalah Instalasi pencampur beton aspal yang merupakan tempat mencampur agregat dengan aspal tanpa atau dengan bahan tambahan pada temperatur antara 140° -160° C (Silvia Sukirman, 2003).

Furqon Affandi dan Hendri Hadisi (2011) menyampaikan AMP cenderung digunakan untuk campuran panas, namun dalam rangka pengurangan emisi gas buang yang terjadi di AMP, produksi campuran beraspal panas adalah salah satu target utama yang harus diatasi untuk mengurangi penggunaan BBM dan dampak lingkungan. Temperatur rendah pada campuran menunjukkan penghematan energi yang cukup besar dan terkait mitigasi emisi. Hal ini mencakup pada campuran beraspal dingin (Cold Mix Asphalt), setengah campuran beraspal hangat (Half Warm Mix Asphalt) dan campuran beraspal hangat (WMA). Produksi campuran aspal hangat (WMA) dapat mengurangi emisi berbahaya:

- Pengurangan CO₂ sebesar 30-40%;
- Pengurangan SO₂ sebesar 35%;
- Pengurangan Volatile Organic Component

Penelitian yang dilakukan Puslitbang jalan pada tahun 2007 tentang Rekayasa Lingkungan dan Teknologi Dampak Lingkungan Pada Lokasi AMP menyimpulkan bahwa limbah polusi udara dari proses kerja AMP berasal dari 2 sumber, limbah saat proses mesin yang selanjutnya disalurkan melalui saluran pipa dan limbah akibat kebocoran langsung (fugitive). Partikel berbahaya yang dihasilkan yaitu berupa partikel CO, CO₂, NOx, SOx, VOCs, dll

AMP yang umum ada di Indonesia menggunakan bahan bakar solar dan batu bara untuk operasional AMP, disisi lain penggunaan BBM yang berasal dari fosil tersebut juga menghasilkan CO₂ (Karbon Dioksida).

3.2.1 Faktor Emisi Bahan Bakar yang digunakan pada AMP

Sumber emisi yang stasioner dibedakan dari sumber emisi bergerak karena faktor emisi GRK, khususnya GRK yang non-CO₂, bergantung kepada jenis bahan bakar dan teknologi penggunaan bahan bakar tersebut. Tabel 3.1 memperlihatkan perbedaan faktor emisi beberapa jenis bahan bakar untuk peralatan bergerak dan stasioner.

Tabel 3.1 Faktor emisi GRK sumber tak bergerak dan bergerak

Jenis Bahan Bakar	FE Default IPCC 2006 sumber tak Bergerak, Ton/GJ			FE Default IPCC 2006 sumber bergerak, Ton/GJ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gas Bumi/BBG	56100	1	0.1	56100	92	3
Premium (tanpa katalis)				69300	33	3.2
Diesel (IDO/ADO)	74100	3	0.6	74100	3.9	3.9
Industri/Residual Fuel Oil	77400	3	0.6			
Marine Fuel Oil (MFO)				77400	7 ±50%	2
Batubara (sub-bituminous)*	96100	10	1.5			

Karbondioksida yang dihasilkan pembakaran sesuai tipe bahan bakar, menurut Departement of Environment, Food and Rural Affairs dapat dilihat pada tabel 3.2 .

Table 3.2 Emisi CO₂

No	Jenis Bahan Bakar	Jumlah emisi (Th 2001)	Jumlah Emisi (Th. 2005)	Satuan
1	Bensin	2,33	2,31	Kg/lt
2	Solar	2,64	2,68	Kg/lt
3	Minyak Tanah	2,96	2,52	Kg/lt
4	LPG	2,06	1,51	Kg/kg

Sumber : DEFRA (2005) dan The Nasional Energy Foundation (2005)

3.2.2 Pengukuran Emisi CO₂ dari Cerobong di AMP

Hasil pengukuran langsung emisi CO₂ dari cerobong AMP dibeberapa lokasi memberikan gambaran yang sangat fluktuatif atau terjadi perbedaan yang sangat jauh. Hal ini dimungkinkan karena kondisi peralatan AMP dilokasi kajian cukup berbeda.

Beberapa kajian pengukuran emisi disampaikan dibawah ini:

A. Kajian di PT HAKA ASTON

Bahan Bakar : Batu Bara

Spesifikasi Cerobong

- Diameter : 0,75 m
- Tinggi : 15 m
- Debit Udara : 3,6682 m³/dt

Tabel 3.3 Data Emisi Cerobong di AMP

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku mutu	Metode
1	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	mg/m ³	198,17	1000	SNI 19-17117.5 - 2005
2	Total Partikel (Debu)	mg/m ³	107,89		SNI 19-17117.12 - 2005
3	CO ₂ (Karbon Dioksida)	mg/m ³	3686,93	350	SNI 19-17117.10 - 2005

*) Baku Mutu Udara Emisi Suber Tidak Bergerak berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. Kep-13/MENLH/3/1995



Gambar 3.13 Kondisi AMP di Cirebon

B. Kajian di PT LAMPIRI JAYA ABADI

Bahan Bakar : Solar

Diameter : 0,75 m

Tinggi : 15 m

Debit Udara : 3,6682 m³/dt

Tabel 3.4 Data Emisi Cerobong di AMP

No	Parameter	Satuan	Hasil	Baku mutu	Metode
1	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	mg/m ³	151,18	700	SNI 19-17117.5 - 2005
2	Total Partikel (Debu)	mg/m ³	5,70	200	SNI 19-17117.12 - 2005
3	CO ₂ (Karbon Dioksida)	mg/m ³	127,67	-	SNI 19-17117.10 - 2005

*) Baku Mutu Sumber Emisi Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 07 Tahun 2007



Gambar 3.14 Kondisi AMP di Bekasi

Tabel 3.5. Kualitas Udara di AMP Di PT Yasa Patria Perkasa (Bekasi)

No.	Parameter	Emisi Cerobong (Cerobong Penggiling aspal)	Di Luar Pabrik		Baku Mutu Lingkungan			
			Up Wind ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Down Wind ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	Emisi Cerobong ^{x)}	Dalam Ruangan ^{x)}	Di Halaman ^{y)}	PP RI No. 41/Th 99 ^{#)}
1	Debu		71,2	70,5		10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
2	Gas : NH ₃ H ₂ S SO ₂ NOx CO Opasitas	52,11 mg/m ³ 68,43 mg/m ³ 0,18 mg/m ³ 0,10 mg/m ³ 56,5 ppm 5%	4,97 6,16 0,81 0,16 725	5,16 6,21 0,27 0,13 630	800 mg/m ³ 1000 mg/m ³ 0,5 mg/m ³ 0,10 mg/m ³ 100 ppm 35%	5.600 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 5.200 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 17.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 14.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 200 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	1360 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 24 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	900 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 400 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 30000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
3	Kebisingan		56,8 – 57,2 dBA	63,5 – 64,4 dBA		85 dBA	60 dBA ⁱ⁾	
4	Arah Angin				Dominan dari Timur ke Barat			

Keterangan :

x) BML Gas dan Debu dalam Ruangan : Surat Edaran Menaker No. SE-01/Men/1997

#) BML Emisi Cerobong : Kep.MenLH No. 13/MENLH/3/1995

*) BML Kebisingan di Dalam Ruangan : Surat Keputusan Menaker No. SE-51/Men/1999

0) BML Kebisingan di Luar Ruangan sesuai : SK Gubernur Jawa Barat No. 660.31/SK/BKPMD/1982

v) BML Udara Ambient di luar Pabrik sesuai SK. Gubernur Jawa Barat No. 660.31/SK/BKPMD/1982

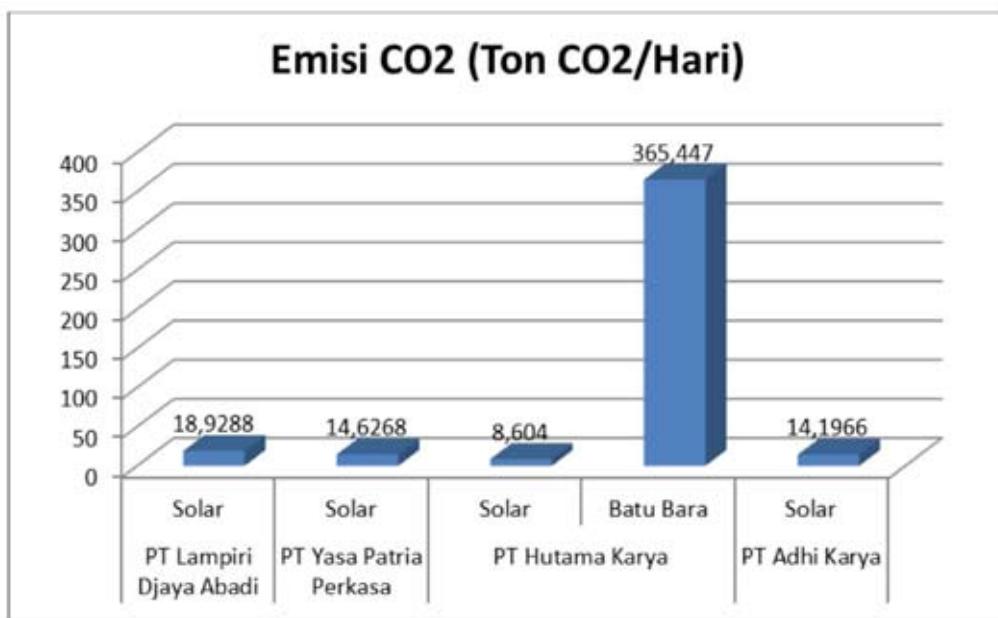
i) BML Udara Ambient di Luar Pabrik sesuai PPRI No. 41 Th 1999

3.2.3 Emisi CO₂ (sektor Industri AMP)

Analisis yang dilakukan untuk mengetahui emisi CO₂ sektor industri berdasarkan pada data industri pengolah campuran beraspal (AMP) yang dihasilkan dari berbagai wilayah di Indonesia. pada tabel 3.6 disampaikan emisi CO₂ dari beberapa AMP.

Tabel 3.6 Data Kebutuhan BBM Asphalt Mixing Plant

Industri AMP	Jenis BBM	Rata-Rata Produksi Aspal ton/hari	Kebutuhan (L BBM/Hari)	Emisi (Ton CO ₂ /Hari)	Faktor Emisi (Ton CO ₂ /JL)
PT Lampiri Djaya Abadi	Solar	300	6600	18.9288	0.002868
PT Yasa Patria Perkasa	Solar	300	5100	14.6268	0.002868
PT Hutama Karya	Solar	250	3000	8.604	0.002868
	Batu Bara		5750	365.447	0.063556
PT Adhi Karya	Solar	275	4950	365.447	0.063556



Gambar 3.15 Emisi CO₂ di Sektor Industri

3.3 Perhitungan Inventarisasi Tingkat Emisi CO₂ dari Aktivitas Kendaraan di Jalan

3.3.1 Faktor Emisi CO₂ dari Kendaraan

Faktor emisi dapat didefinisikan sebagai emisi rata-rata polutan tertentu dari sumber tertentu pula yang besarnya relative dengan unit aktivitas. Satuan yang digunakan dapat berupa g/km, g/L atau g/J. Nilai faktor emisi (tabel 3.11) diperoleh berdasarkan nilai fuel economy kendaraan yang dikonversikan terhadap nilai faktor emisi yang mengacu pada Lestari (2005) untuk perhitungan dengan menggunakan pendekatan jarak tempuh kendaraan dan IPCC (2006) untuk perhitungan dengan menggunakan

pendekatan konsumsi bahan bakar. Untuk sumber bergerak, faktor emisi dapat dinyatakan dalam unit:

1. Gram/kilometer (g/km), gram menyatakan banyaknya pencemar yang diemisikan, km menyatakan jarak tempuh kendaraan dalam waktu tertentu;
2. Gram/kilogram (g/kg), gram menyatakan banyaknya pencemar yang diemisikan, kg menyatakan kuantitas bahan bakar yang digunakan;
3. Gram/joule (g/J), gram menyatakan banyaknya pencemar yang diemisikan, joule menyatakan energi yang digunakan.

Table 3.7 Factor Emisi CO₂

Jenis Kendaraan	Premium CO ₂		Solar CO ₂	
	g/km	g/L	g/km	g/L
Kendaraan Penumpang	Sedan	329,66	2538,8	-
	Minibus	346,30	2693,4	3642,8
	Jeep	402,53	2991,3	4106,2
Angkutan Ringan	Pickup	373,63	2178,1	399,64
	Mikrolet	358,94	2780,5	
	Microbus	-		703,19
Angkutan berat	Bus	-		859
	Truk	-		771,15
Sepeda motor	-	122,19	2275,1	-

(Lestari dan Adolf, 2008)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Defra, 2005 diperoleh hasil emisi yang dikeluarkan oleh masing-masing bahan bakar yang digunakan adalah sebagai berikut:

Pada tabel 3.8, 3.9 , 3.10 , 3.11 dan 3.12 dapat dilihat kontribusi CO₂ dari jenis kendaraan yang merupakan penelitian DEFRA 2012..

Tabel 3.8 Kontribusi CO₂ Mobil Penumpang

Vehicle type	Engine size	Size label	Gram CO ₂ per km
Petrol car	< 1.41	small	147.8
	1.4 – 2.01	Medium	185.0
	>2.01	Large	259.7
Average petrol car			179.4
Diesel car	<1.71	Small	123.7
	1.7 – 2.01	Medium	155.5
	>2.01	Large	208.6
Average diesel car			164.1

Tabel 3.9. Kontribusi CO₂ Bus

Bus type	Average passenger occupancy	gCO ₂ e per passenger km			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Local bus	9.5	122.7	0.13	0.98	123.8
Local London bus	16.8	82.0	0.07	0.55	82.6
Average local bus	10.8	111.0	0.12	0.86	112.0
Coach	16.2*	28.1	0.07	0.57	28.7

Notes: Average load factors/passenger occupancy provided by DfT Statistics Division.

* Combined figure from DfT for non-local buses and coaches combined. Actual occupancy for coaches alone is likely to be significantly higher.

Tabel 3.10. Kontribusi CO₂ Sepeda Motor

CC Range	Model Count	Number	Av. gCO ₂ /km	Av. MPG
Up to 125cc	24	58	85.0	77.0
125cc to 200cc	3	13	77.8	84.0
200cc to 300cc	16	57	93.1	70.2

Table 3.11. Emisi CO₂

No	Jenis Bahan Bakar	Jumlah Emisi	Satuan
1	Bensin	2,31	Kg/lit
2	Solar	2,68	Kg/lit
3	Minyak Tanah	2,52	Kg/lit
4	LPG	1,51	Kg/kg

Sumber : DEFRA (2005) dan The Nasional Energy Foundation (2005)

Hasil kajian emisi CO₂ yang di emisikan oleh moda transportasi dapat dilihat pada tabel 3.17

Tabel 3.12. Emisi CO₂ Berbagai Moda Transportasi

Jenis kendaraan	Bahan bakar (km/liter)	GRK(gr/km)	Penumpang rata-rata	GRK (gr/orang-km)
Sepeda motor (2 tak)	38,4	118	1,5	79
Mobil kecil	24,9	140	2	70
Mobil sedang	13,6	293	2	147
Mobil diesel	20	172	2	86
Bus diesel	3,27	963	50	19

Sumber:Freddy numberi, Transportasi dan perubahan iklim, bhuana ilmu popular, 2011

3.3.2 Kecepatan Kendaraan

Menurut: Standar Perencanaan Geometrik untuk jalan Perkotaan , 1 Maret 1992, Dirjen Bina Marga., adalah batasan kecepatan bagi jalan jalan perkotaan harus sesuai dengan tipe dan kelas jalan yang bersangkutan:

Table 3.13 Kecepatan rencana sesuai tipe dan kelas

Tipe	Kelas	Kecepatan rencana km/jam
Tipe I	Kelas 1	100, 80
	Kelas 2	80, 60*
Tipe II	Kelas 1	60
	Kelas 2	60, 50
	Kelas 3	40, 30
	Kelas 4	30, 20

Standar jalan menurut ketentuan teknis menurut Hikmat Iskandar (2008)

Table 3.14. Ruang Jalan dan bagian-bagiannya (UU 38/2004, PP 34/2006)

Ruang Jalan		Peruntukan	Ukuran			
RUMAJA	Badan jalan (dilengkapi ruang bebas) +	Pelayanan lalu lintas dan Angkutan jalan (termasuk median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan, dan bangunan pelengkap)	(arteri & kolektor). Lebar Rumaja=lebar badan jalan			
			(arteri & kolektor), tinggi minimum = 5 m			
			(arteri & kolektor), kedalaman minimum =1,5 m			
RUMIJA	Saluran tepi jalan +	Penampungan dan penyaluran air agar badan jalan bebas air.	Disesuaikan dengan lebar muka jalan dan keadaan lingkungan. Dalam hal tertentu, dapat dipakai sebagai saluran lingkungan			
	Ambang pengaman	Pengaman konstruksi	Tergantung situasi			
RUWASJA	RUMAJA + Sejalur tertentu	Rumaja, pelebaran jalan, penambahan jalur LL, pengamanan	Lebar minimum (m)			
		Jalur tertentu, dapat untuk ruang terbuka hijau (lansekap)	Jalan bebas hambatan	Jalan raya	Jalan sedang	Jalan kecil
RUWASJA	Ruang tertentu diluar RUMIJA	Pandangan bebas pengemudi, pengaman konstruksi, pengaman jalan. dan fungsi jembatan	30	25	15	11
			Lebar minimum (m)			
			Data sistem jaringan Primer			
			Arteri	Kolektor	Local	Lingkungan
			15	10	7	5
			Dalam sistem jaringan jalan Sekunder			
			15	5	3	2

Sumber: Hikmat,2008

Dalam hal ukuran lebar Badan Jalan, besarnya sangat tergantung kepada jumlah lajur jalan sesuai fungsinya dan tipe prasarana yang digunakan. Tabel berikut ini menunjukkan standar lebar badan jalan minimum.

Table 3.15. Lebar badan Jalan Minimum sesuai fungsi jalan (PP 34/2006)

FUNGSI JALAN	Jenis Angkutan yg dilayani	Jarak perjalanan	Kecepatan Rata-rata/Rencana (Km/Jam)	Persimpangan Sebidang	Jumlah Akses	Lebar Badan Jalan Minimum (m)	
ARTERI	Angkutan utama	Jauh	Tinggi	Diatur	Dibatasi	11,00	
			$V_{R-min} = 60$				
KOLEKTOR	Pengumpul atau pembagi	Sedang	Sedang	Tidak diatur	Tidak dibatasi	9,00	
			$V_{R-min} = 40$				
LOKAL	Angkutan setempat	Dekat	Rendah	Tidak diatur	Tidak dibatasi	7,50	
			$V_{R-min} = 20$				
LINGKUNGAN	Angkutan Lingkungan		Rendah			3,50-6,50	
			$V_{R-min} = 10-15$				

Sumber: Hikmat,2008

Catatan : V_{R-min} =kecepatan rencana, km/jam

Untuk hal tersebut bentuk akhir jalan sesuai dengan penyediaan prasarana yang dituntut seperti ditunjukkan dalam tabel berikut ini sebagai standar minimum yang harus diwujudkan untuk menjamin terwujudnya keselamatan transportasi jalan.

*Table 3.16.
Spesifikasi dan Lebar Badan jalan minimum berdasarkan penyediaan prasarana jalan (UU 38/2004, PP 34/2006)*

Kelas Jalan (berdasarkan Penyediaan Prasarana Jalan)	Spesifikasi Jalan						
	Diperuntukkan bagi lalu lintas	Pengendalian Akses	Persimpangan Sebidang	Jumlah Lajur minimum	Lebar Lajur atau Jalur Minimum	Median	Pagar
JALAN BEBAS HAMBATAN	Umum, menerus berjarak jauh	Terkontrol Penuh	Tidak ada	2 lajur per Arah	3,50m per lajur	Median	Pagar Rumija
JALAN RAYA		Terbatas	Ada	2 lajur per Arah	3,50m per lajur	Median	-
JALAN SEDANG	Umum, jarak sedang	Tidak diatur	Ada	2 lajur untuk 2 arah	Jalur Min 7,00	-	-
JALAN KECIL	Umum, setempat	Tidak diatur	Ada	2 lajur untuk 2 arah	Jalur Min 5,50m	-	-

Sumber: Hikmat,2008

Lebar badan jalan sesuai spesifikasi ini tergantung dari tipe jalan dan jumlah lajur jalan yang dibutuhkan oleh jumlah lalu lintas yang harus dilayaniinya.

3.3.3 Estimasi Emisi CO₂ dari Aktivitas Transportasi

Estimasi emisi dari transportasi jalan raya dapat dilakukan dengan Tier-1 atau Tier-2

Table 3.17 Estimasi emisi dari transportasi jalan raya

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan karbon berdasarkan jenis bahan bakar
TIER2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan karbon berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia

a. Metoda Tier-1

Berdasarkan Tier-1 emisi CO₂ dihitung dengan persamaan :

Persamaan 9

Emisi CO₂ dari Transportasi jalan Raya

$$\text{Emisi} = \sum a \text{ konsumsi BBa} \times \text{Faktor Emisi } a$$

Dimana :

Emisi : Emisi CO₂

Konsumsi BBa : Bahan Bakar dikonsumsi = dijual

Factor Emisi a : Faktor emisi CO₂ menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006

a : Jenis bahan bakar (premium, solar)

b. Metoda Tier-2

Estimasi emisi CO₂ dengan Tier-2 pada dasarnya sama dengan Tier-1 namun dengan faktor emisi masing-masing jenis bahan bakar yang spesifik bagi Indonesia. Tabel 3.18, 3.19, 3.20, 3.21 dan 3.22).

Table 3.18. Faktor Emisi Produk Bahan bakar

NO	PRODUK	FAKTOR EMISI (Kg/TJ)
1	Bensin	69,3
2	Solar	74,1
3	Minyak tanah	71,9
4	Batu bara	94,6
5	LPG	63,1
6	Briket batu bara	97,5
7	Arang kayu	112,0
8	Kayu bakar	112,0

Sumber : pedoman inventarisasi GRK , IPCC, 2006

Table 3.19 Rata rata Konsumsi BB menurut Jenis Kendaraan

NO	Jenis kendaraan	Premium (liter/hari)	Solar (liter/hari)
1	Sedan	11,85	17,45
2	Penumpang pribadi	9,90	11,96
3	Penumpang umum	24,74	28,68
4	Bus besar pribadi		34,68
5	Bus besar umum		84,29
6	Bus kecil pribadi		17,77
7	Bus kecil umum		45,52
8	Truck besar		61,54
9	Truk kecil		20,74
10	Roda tiga	10,16	
11	Roda dua	1,85	

Sumber: survey perilaku penggunaan BBM bersubsidi, BPH Migas, 2008.

Tabel 3.20.
**Data Factor Emisi CO₂ dan CH₄ Serta Nilai Fuel Economy Kendaraan Bermotor
Menurut Lestari (2005) dan IPCC (1996)**

Jenis Kendaraan	Fuel Economy (km/L)		CO2 (g/km)	
	Premium	Solar	Premium	Solar
Angkutan Penumpang	Sedan	8.2	10.3	297.5
	minibus	9	9.2	270.5
	Taksi	9.1	9.1	268.5
	mikrolet	8.4	7.2	291
	Jeep	8	7.64	318.5
Angkutan Ringan	Pick up	8.3	8.4	293.5
	Mikrobus	7.4	5.9	329
Angkutan Berat	Bus	0	4	0
	Truk	4.4	5.3	539
Sepeda Motor		22.3	0	112
				0

Sumber : Lestari, 2005

Tabel 3.21. Hubungan Emisi CO2 dengan kecepatan

No	Kecepatan km/jam	Emisi g/km
1	20	180
2	40	150
3	60	150
4	80	180
5	100	200
6	120	220

Table 3.22. Faktor konversi energy dan factor emisi bahan bakar (IPCC, 2006)

Jenis Bahan Bakar	Density (kg/ltr)	Calorific Value		Emission Factor	
		(GJ/Mg)	(MJ/ltr)	(kg CO2/GJ)	Kg CO2/ltr)
Minyak mentah (Crude oil)	0.847	42.30	35.83	73.30	2.63
Solar (Diesel fuel)	0.837	43.00	35.99	74.10	2.67
Batubara (Bituminous Coal)		25.80		94.60	

Meningkatnya jumlah kendaraan saat ini berdampak pada makin tingginya emisi gas buangan CO₂ di udara. Pada penelitian ini dilakukan analisis untuk mengetahui jumlah emisi CO₂ di masing – masing provinsi, berdasarkan pada data jumlah kendaraan IRMS 2009. Adapun hasil analisis tersebut dijabarkan pada **Tabel 3.23**

Berdasarkan pada analisis yang telah dilakukan, jika berdasarkan indikator jumlah kendaraan setiap harinya, pulau yang memberikan kontribusi terbesar emisi gas buangan CO₂ adalah Pulau Jawa dengan jumlah emisi CO₂ sebesar 637232 ton/hari. Sedangkan di tingkat provinsi, provinsi dengan kontribusi emisi CO₂ terbesar adalah Provinsi Jawa Tengah dengan jumlah emisi CO₂ sebesar 183996 ton/hari. Namun hal tersebut tidak dapat dijadikan patokan dalam menentukan wilayah mana saja yang menjadi kontributor terbesar penghasil emisi gas CO₂ karena masih banyak indikator lain yang dapat digunakan untuk menilai besarnya kontribusi CO₂ wilayah

Tabel 3.23 Emisi CO₂ di Indonesia, berdasarkan jumlah Kendaraan (2009)

Provinsi	Panjang Jalan (km)	LHR	Sepeda Motor	Sedan/ jeep	Kend serba guna Penumpang	Kend serba guna barang	Bis Kecil	Bis Besar	Truk Ringan 2 Sumbu	Truk Sedang 2 Sumbu	Truk 3 Sumbu	Trailer	Semi Trailer	Emisi Gas Buang (CO ₂) ton c / hari	
SUMATERA															
NAD	1955	389197	666250	169413	81220	68691	11033	3329	25212	16479	12758	523	528	13715	
Sumatera Utara	2842	1623490	600101	446015	590477	223820	84779	59319	67321	44867	76586	1113	29220	61949	
Sumatera Barat	1552	1148312	893040	502931	317210	144758	48248	13612	82258	8017	30401	832	40	35636	
Riau	1256	401641	136449	97192	80291	77391	54929	20620	33166	21392	14327	1187	1125	16326	
Jambi	952	387015	417685	137351	86043	46953	5141	3879	16399	75557	14185	438	1056	16646	
Bengkulu	872	250155	188075	127697	31606	74679	7004	509	3411	3050	1012	895	289	6363	
Sumatera Selatan	1877	592422	129097	89447	128593	92034	64570	43602	74571	49619	39392	6557	4042	30161	
Kep. Babel	588	138969	192573	31075	27829	28720	12215	4693	10885	20828	2157	359	208	6049	
Lampung	1271	399583	391875	72802	135282	54818	18202	9787	57601	28641	19115	164	3169	17639	
JAWA															
Banten	711	497961	548463	208357	179123	44749	6305	7470	16554	23285	8212	862	3041	15992	
Jawa Barat	1572	6012543	1942598	1762107	2387232	1154398	65173	56155	258283	196157	67980	26967	38116	182040	
Jawa Tengah	1565	3574868	3033261	1019790	614045	498255	184511	253818	267422	381885	196358	91362	67419	183996	
DIY	303	675362	1510399	311624	122958	91935	18527	23212	19772	63626	16707	4677	2331	26752	
Jawa Timur	2490	5330788	4035960	1364448	1609318	925008	118909	213910	435229	255006	238275	114429	56254	228451	
KALIMANTAN															
Kalimantan Barat	1874	446631	371943	196663	99128	93813	20922	1074	27077	4838	913	944	1278	12428	
Kalimantan Tengah	2022	168067	118097	52126	50408	31794	3626	302	25360	3097	548	394	400	5367	
Kalimantan Timur	1881	556683	435085	205344	191122	111586	5525	7101	20706	7170	7320	332	466	15932	
Kalimantan Selatan	935	794137	1503531	271185	285189	130003	8376	2228	64180	21212	3134	4590	4014	25970	
BALI, NTB, dan NTT															
Bali	625	1444138	1144939	634611	394266	249731	12200	19612	72993	47892	6293	3096	3459	42101	
NTB	611	225458	286278	103635	62566	32259	8601	1993	7939	5082	2040	422	921	6677	
NTT	1496	655887	447187	145538	222311	105784	45222	19049	58405	36025	19358	3261	948	25233	
SULAWESI															
Sulawesi Utara	1612	705808	424525	251075	245133	130370	8992	7942	25886	19501	10451	3709	2752	21364	
Gorontalo	611	67332	211554	21394	25586	9604	157	516	3589	5632	456	350	50	2529	
Sulawesi Tengah	1766	358820	944264	134548	132999	51929	5223	2515	22853	6691	812	197	1050	11513	
Sulawesi Barat	681	89673	171188	25567	37704	11105	1993	931	3764	7786	794	13	15	3155	
Sulawesi Selatan	2029	1386014	1398314	397739	786181	118332	15544	6874	42157	2	17507	471	1219	38801	
Sulawesi Tenggara	1403	229578	282057	63442	115082	24251	3667	1946	16681	4004	341	18	135	6876	
Maluku	1097	138705	63825	40058	58302	28020	1764	10	6543	3825	160	14	24	3778	
Maluku Utara	480	320546	1128906	28763	154556	110209	336	176	4713	21294	421	0	28	11389	
PAPUA															
Papua	1887	751771	703447	423788	219692	79491	4962	301	18252	5091	156	2	8	18058	
Papua Barat	519	19818	33944	7166	4047	2225	1240	1124	950	2831	232	0	0	833	

3.4 Perhitungan Emisi CO₂ dari Kegiatan Pekerjaan Jalan

3.4.1 Material

Material yang digunakan dalam pembangunan jalan dan jembatan cukup beragam, dimana jenis material dapat berupa material alam maupun material produksi pabrikan. Dari material-material tersebut dimungkinkan adanya kontribusi CO₂ yang tidak ramah lingkungan. Dalam Analisa Harga Satuan (AHS) setiap jenis pekerjaan mempunyai komposisi penggunaan setiap jenis material dengan koefisien per satuan material.

Kontribusi CO₂ dari material yang digunakan pada pekerjaan jalan dan jembatan tergantung pada kandungan CO₂ pada material tersebut. Dengan diketahui kandungan CO₂ pada setiap jenis material yang digunakan, maka kontribusi CO₂ dari material pada setiap jenis pekerjaan dapat dihitung dengan mengalikan kadar CO₂ pada material dengan koefisien volume material. Sehingga dapat diperoleh nilai kontribusi CO₂ dari material-material yang digunakan pada setiap jenis pekerjaan (tabel 3.24).

Tabel 3.24. Daftar Pemakaian BBM dan Pelumas tiap satuan dan jenis pekerjaan

No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Pemakaian BBM (Solar) (Liter)	Jumlah Pemakaian BBM (Solar) (Liter)
a	b	c	d	e	f = (d x e)
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 3 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					-
DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN					
4.2 (1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	1.00	2.33	2.33
4.2 (2)	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	M ³	1.00	2.29	2.29
4.2 (2a)	Lapis Pondasi Agregat Kelas C	M ³	1.00	2.19	2.19
4.2 (3)	Semen Untuk Lapis Pondasi Semen Tanah	Ton	1.00	6.20	6.20
4.2 (4)	Lapis Pondasi Semen Tanah	M ³	1.00	1.92	1.92
4.2 (5)	Laburan Aspal Satu Lapis (BURTU)	M ²	1.00	0.25	0.25
4.2 (6)	Bahan Aspal Untuk Pekerjaan Pelaburan	Liter	1.00	2.33	2.33
4.2 (7)	Lapis Resap Pengikat	Liter	1.00	0.07	0.07
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 4 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					17.58
DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR					
5.1 (1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ³	1.00	2.16	2.16
5.1 (2)	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	M ³	1.00	2.11	2.11
5.2 (1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas C	M ³	1.00	1.60	1.60
5.4 (1)	Semen Untuk Lapis Pondasi Semen Tanah	Ton	1.00	3.76	3.76

5.4 (2)	Lapis Pondasi Semen Tanah	M ³	1.00	1.89	1.89
5.5 (1)	Lapis Beton Semen Pondasi Bawah Cement Treated Sub Base (CTSB)	M ³	1.00	4.31	4.31
5.6 (1)	Lapis Pondasi Agregat dengan Cement Treated Base (CTB)	M ³	1.00	4.21	4.21
5.5 (SK1)	Lapis Pondasi Agregat Semen (CTB) Kelas A	M ³	1.00	4.31	4.31
5.5 (SK2)	Lapis Pondasi Agregat Semen (CTB) Kelas B	M ³	1.00	4.21	4.21
5.5 (SK3)	Lapis Pondasi Bawah Agregat Semen (CTSB)	M ³	1.00	4.31	4.31
Jumlah Harga Pekerjaan DIVISI 5 (masuk pada Rekapitulasi Perkiraan Harga Pekerjaan)					32.87
	DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL				
6.1 (1)	Lapis Resap Pengikat	Liter	1.00	0.07	0.07
6.1 (2)	Lapis Perekat	Liter	1.00	0.11	0.11
6.2 (1)	Agregat Penutup BURTU, tebal 1.5 cm	M ²	1.00	0.08	0.08
6.2 (2)	Agregat Penutup BURDA, tebal 2.5 cm	M ²	1.00	0.14	0.14
6.2 (3)	Bahan Aspal untuk Pekerjaan Pelaburan	Liter	1.00	0.06	0.06
6.3 (1)	Latasir (SS) Kelas A, tebal 1.5 cm	M ²	1.00	0.46	0.46
6.3 (2)	Latasir (SS) Kelas B, tebal 1.5 cm	M ²	1.00	0.46	0.46
6.3 (3)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC), tebal 3 cm	M ²	1.00	0.93	0.93
6.3 (3a)	Lataston Lapis Aus (HRS-WC) Leveling	Ton	1.00	13.79	13.79
6.3 (4)	Asphalt Treated Base (ATB)	M ³	1.00	32.16	32.16
6.3 (4a)	ATB Leveling (ATBL)	Ton	1.00	12.95	12.95
6.3 (5a)	Laston Lapis Aus (AC-WC), tebal 5 cm	M ²	1.00	1.59	1.59
6.3 SK AC-LB (1a)	Campuran Beraspal Panas Lapis Aus (ACWC-LB) Asret tebal 4 cm	M ²	1.00	1.28	1.28
6.3 SK AC-LB (1a)	Campuran Beraspal Panas Lapis Aus (ACWC-LB) Bit. Murni Asb.	M ²	1.00	1.28	1.28
6.3 (5b)	Laston Lapis Aus (AC-WC) Modifikasi, tebal 5 cm	M ²	1.00	1.59	1.59
6.3 (5c)	Laston Lapis Aus (AC-WC) Leveling	Ton	1.00	14.19	14.19
6.3 (5d)	Laston Lapis Aus (AC-WC) Modifikasi Leveling	Ton	1.00	14.19	14.19
6.3 (6a)	Laston Lapis Antara (AC-BC)	M ³	1.00	31.28	31.28
6.3 SK AC-LB (2a)	Campuran Beraspal Panas Lapis Antara (ACBC-LB) Asret	M ³	1.00	31.21	31.21
6.3 SK AC-LB (2a)	Campuran Beraspal Panas Lapis Antara (ACBC-LB) Bit. Murni Asb.	M ³	1.00	31.21	31.21
6.3 (6b)	Laston Lapis Antara (AC-BC) Modifikasi	M ³	1.00	31.28	31.28
6.3 (6c)	Laston Lapis Antara (AC-BC) Leveling	Ton	1.00	13.90	13.90
6.3 (6d)	Laston Lapis Antara (AC-BC) Modifikasi Leveling	Ton	1.00	13.90	13.90
6.3 (7a)	Laston Lapis Pondasi (AC-Base)	M ³	1.00	31.28	31.28
6.3 (7b)	Laston Lapis Pondasi (AC-Base) Modifikasi	M ³	1.00	31.28	31.28
6.3 (7c)	Laston Lapis Pondasi (AC-Base) Leveling	Ton	1.00	13.90	13.90
6.3 (7d)	Laston Lapis Pondasi (AC-Base) Modifikasi Leveling	Ton	1.00	13.90	13.90
6.4 (1)	Lasbutag	M ²	1.00	0.25	0.25
6.4 (2)	Latasbusir Kelas A	M ²	1.00	0.13	0.13

6.4 (3)	Latasbusir Kelas B	M ²	1.00	0.12	0.12
6.4 (4)	Bitumen Asbuton	Ton	1.00	-	-
6.4 (5)	Bitumen Bahan Peremaja	Ton	1.00	0.49	0.49
6.4 (6)	Bahan Anti Pengelupasan (anti stripping agent)	Liter	1.00	-	-
6.5 (1)	Campuran Aspal Dingin Untuk Pelapisan	M ³	1.00	22.60	22.60
6.6 (1)	Lapis Permukaan Penetrasi Macadam	M ³	1.00	2.56	2.56
6.6 (2)	Lapis Pondasi/Perata Penetrasi Macadam	M ³	1.00	2.56	2.56

3.4.2 Peralatan

Pada pekerjaan jalan dan jembatan, sebagian besar memerlukan penggunaan peralatan, khususnya alat berat. Dimana peralatan-peralatan tersebut menggunakan bahan bakar, baik bensin, solar maupun batubara. Seperti diketahui penggunaan bahan bakar menimbulkan gas buang yang memberikan kontribusi CO₂ yang cukup besar. Setiap peralatan mengkonsumsi bahan bakar yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh tenaga dan kapasitas produksinya, sehingga kontribusi CO₂ dari setiap peralatan akan berbeda-beda (Tabel 3.25).

Tabel 3.25 Daftar Pemakaian BBM dari Perlatan pada pekerjaan jalan

No.	URAIAN	KO	HP	KAP.	PEMAKAIAN BBM/JAM (Liter)	PEMAKAIAN PELUMAS/JAM (Liter)
	ASPHALT MIXING PLANT					
1	ASPHALT FINISHER	E01	150.0	50.0 T/Jam	438.75	1.50
2	ASPHALT SPRAYER	E02	47.0	6.0 Ton	5.88	0.47
3	BULLDOZER 100-150HP	E03	15.0	800.0 Liter	1.88	0.15
4	COMPRESSOR 4000-6500 L/M	E04	140.0	- -	17.50	1.40
5	CONCRETE MIXER 0.3-0.6 M3	E05	80.0	- -	10.00	0.80
6	CRANE 10-15 TON	E06	15.0	- -	1.88	0.15
7	DUMP TRUCK 3-4 M3	E07	150.0	15.0 Ton	18.75	1.50
8	DUMP TRUCK 20 Ton	E08	100.0	6.0 Ton	12.50	1.00
9	EXCAVATOR 80 -140 HP	E09	125.0	20.0 Ton	15.63	1.25
10	FLAT BED TRUCK 3-4 M3	E10	80.0	1.0 M3	10.00	0.80
11	GENERATOR SET	E11	100.0	4.0 M3	12.50	1.00
12	MOTOR GRADER >100 HP	E12	175.0	125.0 KVA	21.88	1.75
13	TRACK LOADER 75-100 HP	E13	125.0	- -	15.63	1.25
14	WHEEL LOADER 1.0-1.6 M3	E14	90.0	1.6 M3	11.25	0.90

15	THREE WHEEL ROLLER 6-8 T	E15	105.0	1.5 M3	13.13	1.05
16	TANDEM ROLLER 6-8 T.	E16	55.0	8.0 Ton	6.88	0.55
17	TIRE ROLLER 8-10 T.	E17	50.0	8.0 Ton	6.25	0.50
18	VIBRATORY ROLLER 5-8 T.	E18	60.0	10.0 Ton	7.50	0.60
19	CONCRETE VIBRATOR	E19	75.0	7.0 Ton	9.38	0.75
20	STONE CRUSHER	E20	10.0	- -	1.25	0.10
21	WATER PUMP 70-100 mm	E21	220.0	30.0 T/Jam	27.50	2.20
22	WATER TANKER 3000 - 4500 L.	E22	6.0	- -	0.75	0.06
23	PEDESTRIAN ROLLER	E23	100.0	4,000.0 Liter	12.50	1.00
24	TAMPER	E24	11.0	0.50 Ton	1.38	0.11
25	JACK HAMMER	E25	5.0	0.17 Ton	0.63	0.05
26	FULVI MIXER	E26	3.0	- -	0.38	0.03
27	CONCRETE PUMP	E27	75.0	- -	9.38	0.75
28	TRAILER 20 TON	E28	100.0	8.00 M3	12.50	1.00
29	PILE DRIVER + HAMMER	E29	175.0	10.00 Ton	21.88	1.75
30	CRANE ON TRACK 35 TON	E30	25.0	2.50 Ton	3.13	0.25
31	WELDING SET	E31	125.0	35.0 Ton	15.63	1.25
32	BORE PILE MACHINE	E32	40.0	250.0 Amp	5.00	0.40
33	ASPHALT LIQUID MIXER	E33	150.0	2,000.0 Meter	18.75	1.50
34	TRAILLER 15 TON	E34	5.0	1,000.0 Liter	0.63	0.05
35	COLD MILLING MACHINE (WIRTGENT)	E35	150.0	15.0 Ton	18.75	1.50
36	ROCK DRILL BREAKER	E36	150.0	7.0 M3/Jam	18.75	1.50

Konsumsi bahan bakar dari peralatan yang digunakan dihitung dengan satuan liter per jam. Untuk mengetahui kontribusi CO₂ dari penggunaan peralatan pada setiap jenis pekerjaan ditentukan oleh kebutuhan waktu dalam mengerjakan pekerjaan tersebut. Kebutuhan penggunaan peralatan pada per satuan pekerjaan dapat diketahui koefisien dengan satuan jam.

Sebagai gambaran untuk mengetahui kontribusi CO₂ pada pekerjaan jalan beraspal dan jalan beton semen dapat dihitung dengan asumsi-asumsi pekerjaan yang dilakukan pada pekerjaan jalan untuk 1 km panjang jalan. Mengacu pada PP No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan bahwa lebar jalan minimum adalah :

- 1) Arteri Primer : 11 m (2 m + 7 m + 2m)
- 2) Kolektor Primer : 9 m (1 m + 7 m + 2m)
- 3) Arteri Sekunder : 11 m (2 m + 7 m + 2m)
- 4) Kolektor Sekunder : 9 m (1 m + 7 m + 2m)

Hasil analisis kontribusi CO₂ pada pekerjaan jalan beraspal dan beton semen berdasarkan fungsi jalan adalah sebagai berikut :

No.	Fungsi Jalan	Lebar Badan Jalan (m)	Kontribusi CO ₂	
			Jalan Beraspal (Ton C/km)	Jalan Beton Semen (Ton C/km)
1	Arteri Primer	11.00	317.602	759.58
2	Kolektor Primer	9.00	313.190	755.17
3	Arteri Sekunder	11.00	306.997	675.89
4	Kolektor Sekunder	9.00	302.585	671.48



www.nigelsecostore.com

BAB 4

TANAMAN PENYERAP GAS RUMAH KACA (CO₂)



Menurut Cahyono (2005) pada siang hari tumbuhan menghasilkan Oksigen (O_2) dan menghirup Karbondioksida (CO_2), sedangkan pada malam hari sebaliknya, tumbuhan menghasilkan Karbondioksida (CO_2) dan menghirup Oksigen (O_2). Timbul dilematis bahwa Oksigen (O_2) yang dihasilkan tumbuhan pada siang hari diambil kembali pada malam hari. Namun pada kenyataannya tidak demikian, pada siang hari tumbuhan melakukan aktivitas optimum dengan bantuan sinar matahari tumbuhan melakukan fotosintesis, menghasilkan Oksigen (O_2) dan zat gula. Pada malam hari aktivitas tumbuhan sangat rendah, sehingga Oksigen (O_2) yang diperlukanpun sangat rendah dan bahkan kurang dari setengah oksigen yang dihasilkan pada siang hari. Kelebihan Oksigen (O_2) tersebut dibutuhkan oleh manusia dan hewan.

Menurut Endes N Dahlan dan Fachruddin (1992) menyatakan bahwa beberapa tanaman mempunyai efektifitas dalam menyerap timbal (Pb) dan mempunyai kemampuan reduksi yang tinggi antara lain tanaman Kiara payung dan Mahoni.

Suci Normaliani Santoso (2011) menyampaikan bahwa gas-gas di udara akan didifusikan ke dalam daun melalui stomata (mulut daun) pada proses fotosintesis atau terdeposisi oleh air hujan kemudian didifusikan oleh akar tanaman. Gas pencemar yang masuk ke jaringan daun melalui lubang stomata yang berada pada epidermis atas. Masing-masing stomata dapat membuka jika tekanan air internal berubah, yang

merupakan lubang keluar masuk polutan walaupun secara umum terdapat kutin pada jaringan epidermis atas, gas pencemar dapat masuk ke jaringan daun melalui sedikit stomata. Epidermis ini adalah target utama dari polutan udara, dimana polutan pertama masuk melalui stomata dan bereaksi dalam lubang ini melalui lubang-lubang ini, polutan terlarut dalam air permukaan sel-sel daun dan mempunyai pH sel. Selanjutnya bereaksi dengan sel mesofil. Setiap tanaman mempunyai karakteristik yang berbeda dalam mengabsorbsi gas-gas tertentu di udara, sehingga dapat merupakan penyangga yang baik terhadap pencemaran udara. Beberapa tanaman mampu memproduksi polutan menjadi asam organik, gula, dan beberapa senyawa asam amino.

Pada tahun 1999 Puslitbang Jalan dan Jembatan telah melakukan klasifikasi berbagai jenis tanaman yang mereduksi polutan di udara. Penelitian tersebut membagi jenis tanaman menjadi jenis pohon, perdu dan semak. Berikut ditampilkan hasil penelitian terhadap kemampuan jenis-jenis tanaman dalam mereduksi NO_x, CO, dan SO₂ yang juga merupakan pedoman teknis nomor 011/T/BM/1999 tentang Pedoman Pemilihan Tanaman untuk Mereduksi Polusi (NO_x, CO, dan SO₂). Adapun yang dimaksud dengan :

- ◆ Pohon adalah tanaman tahunan berkayu dan berbatang tinggi dengan dahan dan ranting jauh di atas permukaan tanah.
- ◆ Perdu adalah tanaman berkayu yang bercabang banyak, tanpa sesuatu batang yang jelas dan pada umumnya tanaman tahunan.
- ◆ Semak adalah tanaman yang lebih kecil dari perdu dan hanya dahan-dahan utamanya saja yang berkayu.

Data kemampuan jenis pohon dalam menyerap CO₂ diambil dari data penelitian lain, sehingga data ini merupakan data sekunder yang diolah kembali dengan menggunakan data-data pembanding serta dianalisis menggunakan pendekatan yang dilakukan oleh IPCC dan DEFRA Inggris. Pada Tabel 4.1 Ditampilkan kemampuan jenis pohon dalam menyerap CO₂ yang dilakukan oleh Karyadi (2005).

Tabel 4.1 Kemampuan Jenis Pohon dalam Menyerap CO₂ oleh Karyadi (2005)

No	Nama Jenis	Daya serap CO ₂ tiap pohon (Kg/ hari)	Daya serap CO ₂ / Ha (Kg/ hari)
1.	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	0,298	119,215
2.	Kenari (<i>Canarium commune</i>)	0,363	225,418
3.	Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	1,247	498,657
4.	Sawo duren (<i>Chrysophyllum cainito</i>)	0,648	259,405
5.	Tanjung (<i>Mimosa elengi</i>)	1,622	648,418

Sumber : Karyadi (2005)



Berdasarkan dari tabel 4.1, tabel 4.2 dan tabel 4.3 dapat kita susun kebutuhan pohon di pinggir jalan yang masuk pada Ruang Milik Jalan (Rumija) dengan jarak tanam mengacu pada Permen PU 05/Prt/M/2012 Tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan.

Kemudian pada tabel 4.2 ditampilkan kemampuan jenis pohon dalam menyerap CO₂ oleh Purwaningsih (2007) sebagai berikut:

Tabel 4.2 Kemampuan Jenis Pohon Dalam Menyerap CO₂ oleh Purwaningsih (2007)

No	Nama jenis	Family	Jumlah daun/pohon	Daya serap bersih CO ₂ tiap pohon (g/jam)	Daya Serap bersih CO ₂ / Ha (x10 ³ g/jam)
1	Flamboyan	Caesapiniaceae	69.120	1.430	0,572
2	Johar	Caesapiniaceae	292.880	2,750	1,100
3	Merbau Pantai	Caesapiniaceae	36.750	0,356	1,420
4	Asam	Caesapiniaceae	739.200	0,118	0,047
5	Kempas	Caesapiniaceae	1.543.764	4,970	1,990
6	Sapu tangan	Caesapiniaceae	292.880	0,107	0,043
7	Bunga merak	Caesapiniaceae	62.700	0,743	0,297
8	Cassia	Caesapiniaceae	12.636.000	1.280.000	511.000
9	Krey Payung	Sapindaceae	4.465.125	11.800	4,704
10	Matoa	Sapindaceae	274.153	7,180	2,870
11	Rambutan	Sapindaceae	181.000	0,064	0,026
12	Tanjung	Sapotaceae	460.000	0,102	0,041
13	Sawo Kecik	Sapotaceae	432.000	1.840	0,734
14	Angsana	Papilioaceae	26.666	0,217	0,087
15	Dadap	Papilioaceae	7.040	0,136	0,056
16	Trembesi	Mimosaceae	248.062.500	66.300	26.500
17	Saga	Mimosaceae	1.524.705	7.400	2.960
18	Asam Kranji	Mimosaceae	97.920	0,218	0,087
19	Mahoni	Meliaceae	71.280	2.500	1,000
20	Khaya	Meliaceae	37.997	0,605	0,242
21	Pingku	Meliaceae	11.920.000	99.300	39.700
22	Beringin	Moraceae	10.230.000	622.000	2490.000
23	Nangka	Moraceae	1.610.000	3.410	5.980
24	Kenanga	Annonaceae	24.705	22.600	9.030
25	Sirsak	Annonaceae	1.010.000	25.500	10.200

Tabel 4.3 Pendugaan Daya serap total karbondioksida Kebun Raya Bogor

No	Nama jenis	Daya serap karbondioksida/pohon (gr/jam)
1	Cassia	1280
2	Beringin	622
3	Pingku	99,3
4	Trembesi	66,3
5	Sirsak	25,5
6	Kenanga	22,6
7	Krey Payung	11,8
8	Saga	7,4
9	Matoa	7,18
10	Kempas	4,97
11	Nangka	3,41
12	Johar	2,75
13	Mahoni	2,5
14	Sawo Kecik	1,84
15	Flamboyan	1,43
16	Bunga merak	0,743
17	Khaya	0,605
18	Merbau Pantai	0,356
19	Asam Kranji	0,218
20	Angsana	0,217
21	Dadap	0,136
22	Asam	0,118
23	Sapu tangan	0,107
24	Tanjung	0,102
25	Rambutan	0,064



Berdasarkan dari tabel 4.1, tabel 4.2 dan tabel 4.3 dapat kita susun kebutuhan pohon di pinggir jalan yang masuk pada Ruang Milik Jalan (Rumija) dengan jarak tanam mengacu pada Permen PU 05/Prt/M/2012 Tentang Pedoman Penanaman Pohon Pada Sistem Jaringan Jalan.

Tabel 4.4. Daya serap vegetasi terhadap gas CO₂

No. Tipe Penutupan	Daya Serap (kg /Ha.hari)	Daya Serap (kg /Ha.hari)
Pohon	1.559,10	129,92
Semak belukar	150,68	12,56
Padang rumput	32,88	2,74
Sawah	32,88	2,74

(sumber: Hendra Permana, Penentuan luasan optimal jalur hijau sebagai penyerap gas CO₂, Fakultas kehutanan-IPB, 2006)



Sumber: yoitsmarketti.deviantart.com

BAB 5

PERHITUNGAN EMISI CO₂ DAN KEBUTUHAN TANAMAN PENYERAP CO₂ BIDANG JALAN

5.1 Perhitungan Emisi CO₂ dan Kebutuhan Tanaman Penyerap Gas CO₂ pada AMP

Karena komponen GRK yang paling dominan dihasilkan pada pembakaran bahan bakar adalah gas karbon dioksida (CO₂), maka estimasi emisi dan konsumsi energi didasarkan pada faktor emisi gas CO₂, yang mengacu pada panduan Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) tahun 2006. Estimasi jumlah emisi CO₂ per-ton produksi material perkerasan, mengacu pada persamaan pada panduan IPCC adalah seperti dijelaskan pada **Persamaan (1)**.

$$\text{Emisi GRK } \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{ton}} \right) = \frac{\text{Konsumsi energi (MJ)} \times \text{faktor emisi } \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{MJ}} \right)}{\text{Total produksi}}$$

Sumber emisi yang stasioner dibedakan dari sumber emisi bergerak karena faktor emisi GRK, khususnya GRK yang non-CO₂, bergantung kepada jenis bahan bakar dan teknologi penggunaan bahan bakar tersebut. Tabel 5.1 memperlihatkan perbedaan faktor emisi beberapa jenis bahan bakar untuk peralatan bergerak dan stasioner.

Tabel 5.1 Faktor Emisi GRK Peralatan Tak Bergerak dan Bergerak

Jenis Bahan bakar	FE Default IPCC 2006 sumber tak Bergerak, Ton/GJ			FE Default IPCC 2006 sumber bergerak, Ton /GJ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gas Bumi /BBG	56 100	1	0.1	56 100	92	3
Premium (tanpa katalis)	-	-	-	69 300	33	3.2
Diesel (IDO/ADO)	74 100	3	0.6	74 100	3.9	3.9
Industrial/Residual Fuel Oil	77 400	3	0.6	-	-	-
Marine Fuel Oil (MFO)	-	-	-	77 400	7 ± 50%	2
Batubara (<i>sub-bituminous</i>)*	96 100	10	1.5	-	-	-

Pembakaran bahan bakar pada sumber stasioner

GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar pada sumber stasioner adalah CO₂, CH₄ dan N₂O. Besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar. Banyaknya bahan bakar dipresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar dipresentasikan oleh faktor emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi GRK dari pembakaran bahan bakar adalah sebagai berikut:

Persamaan 2 emisi hasil pembakaran

$$\text{Emisi GRK } \left(\frac{\text{kg}}{\text{thn}} \right) = \text{KonsumsiEnergi } \left(\frac{\text{TJ}}{\text{thn}} \right) \times \text{Faktor Emisi } \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right)$$

Faktor emisi menurut defalt IPCC dinyatakan dalam satuan emisi per unit energi yang dikonsumsi (kg GRK/TJ). Disisi lain data konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan fisik (ton batu bara, kilo liter minyak diesel dll). Oleh karena itu sebelum digunakan pada persamaan 2, data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi TJ (terra Jaule) dengan persamaan 3

$$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi Energi (sat. fisik)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{sat. fisik}} \right)$$

Table 5.2 Nilai Kalor Bahan bakar Indonesia Kementerian LH,2012

Bahan bakar	Nilai kalor	penggunaan
premium	33×10^{-6} TJ/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADD)	36×10^{-6} TJ/liter	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	38×10^{-6} TJ/liter	Pembangkit listrik
MFO	40×10^{-6} TJ/liter $4,04 \times 10^{-2}$ TJ/ton	Pembangkit listrik
Batu bara	33×10^{-6} TJ/liter	Pembangkit listrik , industri

Catatan:*) termasuk pertamax, pertamax plus
HSD high speed diesel , ADO: Automotive Diesel Oil
IDO: Industrial Diesel Oil
MFO: Marine Fuel Oil

Table 5.3 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri Energi

Fuel	CO2			CH4	N2O
	Default F.E	Lower	Upper	Default F.E	Default F.E
Premium	69300	67500	73000	3	0,6
Solar/ADD/ HS/ D/IDO	74100	72600	74800	3	0,2
MFO	77400	75500	78800	3	0,2
BATU BARA sub-bituminous	96100	92800	100000	1	0,5

Contoh perhitungan

Contoh perhitungan emisi GRK pada kegiatan AMP berbahan bakar disel dan residual oil serta batu bara adalah sebagai berikut:

a. Data konsumsi bahan bakar:

- Diesel oil : A1 kL
- residual oil : A2 kL
- Batu bara : A3 kL

b. Data nilai kalor:

- Diesel oil : 36 MJ/liter (0,036 TJ/kL)
- Residual oil: 38 MJ/liter (0,038 TJ/kL)
- Batu Bara : 0,0189 TJ/Ton

c. Data Faktor emisi

- Diesel oil : $CO_2 := 73.326 \text{ kg/TJ}$
- Residula oil : $CO_2 = 76.593 \text{ kg/TJ}$
- Batu bara : $CO_2 = 92.800 \text{ kg/TJ}$

Langkah perhitungan dengan spreadsheet (contoh spreadsheet table ...)

- 1) Masukkan volume konsumsi bahan bakar pada kolom A (baris diesel oil A1 kL, baris residual oil A2 kL dan baris Batu baris A3 kL)
- 2) Masukkan nilai kalor ke kolom B (bars diesel oil : 0,0036 TJ/kL, bars residual oil 0,038 TJ/kL dan bars batu bara 0,0189 TJ/Ton)
- 3) Pada kolom C konversikan volume konsumsi dari kilo liter menjadi TJ dengan cara kalikan volum dengan nilai kalor (kolom A kali kolom B)
- 4) **Masukkan Faktor emisi CO_2 pada kolom D (baris Diesel oil : 73.326 kg/TJ, baris oil Residula : 76.593 kg/TJ, dan baris Batu bara :92.800 kg/TJ)**
- 5) Pada kolom E Hitung besarnya emisi CO_2 dengan cara kalikan kolom C dengan kolom D dan bagi dengan 10^6 untuk konversi dari kg ke giga gram

Tabel 5.4. contoh perhitungan emisi GRK di AMP

Jenis bahan bakar	Konsumsi bahan bakar kL	Nilai kalor TJ/kL TJ/ton	Konsumsi TJ (a x b)	Factor emisi CO_2	Jumlah emisi CO_2 (c x d)
	A	B	C	D	E
Diesel oil	A1	0,036	$A1 \times 0,036$	73.326 kg/TJ	$A1 \times 2639,736 \text{ kg}$
Residual oil	A2	0,038	$A2 \times 0,038$	76.593 kg/TJ	$A2 \times 2910,534 \text{ kg}$
Batu bara	A3	0,0189	$A3 \times 0,0189$	92.800 kg/TJ	$A3 \times 1753,92 \text{ kg}$

Perhitungan Total emisi CO₂ dari AMP, dapat menggunakan persamaan 4

$$\text{Total Emisi CO}_2 \text{ (giga gram)} = \text{Konsumsi BBM (kL)} \times \text{Nilai Kalor} \times \text{faktor emisi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right)$$

5.2 Perhitungan kebutuhan tanaman untuk mereduksi emisi CO₂ di AMP. Dapat dilakukan dengan dua cara:

Pertama apabila akan menggunakan dengan satu jenis tanaman , maka ddigunakan persamaan 5:

$$\text{jumlah tanaman} = \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ (gram)} \times \text{prosentase reduksi CO}_2 (\%)}{\text{kemampuan serpan tanaman} \left(\frac{\text{gram}}{\text{jam}} \right)}$$

Keterangan :

Prosentase rencana reduksi CO₂ (%) ditetapkan terlebih dahulu (tergantung rencana yang akan dibuat atau ketersediaan lahan terbuka di lokasi AMP).

Kemampuan serapan tanaman dapat mengacu pada tabel 6.

Kedua apabila akan menggunakan lebih dari satu jenis tanaman (Kombinasi), maka digunakan persamaan 6, dengan tahapan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Tetapkan jenis jenis tanaman yang akan ditanam dan perkirakan prosentase masing masing tanaman (luas lahan yang akan ditanam dapat menjadi acuan untuk memperhitungkan prosentase jenis tanaman)
- 2) Lakukan penetapan target reduksi emisi CO₂ yang akan dibuat dalam prosentase (%)
- 3) Hitung kebutuhan setiap jenis tanaman dengan persamaan 6

$$\text{jumlah tanaman 1} =$$

$$\frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ (gram)} \times \text{prosen(tase rencana reduksi CO}_2 (\%)) \times \text{prosentase rencana jenis tanaman 1 (\%)}}{\text{kemampuan serapan tanaman 1} \left(\frac{\text{gram}}{\text{jam}} \right)}$$

$$\text{jumlah tanaman 2} = \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ (gram)} \times \text{prosen(tase rencana reduksi CO}_2 (\%)) \times \text{prosentase rencana jenis tanaman 2 (\%)}}{\text{kemampuan serapan tanaman 2} \left(\frac{\text{gram}}{\text{jam}} \right)}$$

Jadi untuk tanaman 1~n dapat digunakan persamaan 6 :

$$\text{jumlah tanaman 1~n} = \frac{\text{Total emisi CO}_2 \text{ (gram)} \times \text{prosen(tase rencana reduksi CO}_2 (\%)) \times \text{prosentase rencana jenis tanaman 1~n (\%)}}{\text{kemampuan serapan tanaman 1~n} \left(\frac{\text{gram}}{\text{jam}} \right)}$$

Contoh perhitungan :

Tabel 5.5 Contoh perhitungan emisi GRK di AMP untuk produksi 100 Ton perhari

Jenis bahan bakar	Konsumsi bahan bakar kL	Nilai kalor TJ/kL TJ/ton	Konsumsi TJ (a x b)	Factor emisi CO ₂	Jumlah emisi CO ₂ (c x d)
A	B	C	D	E	
Diesel oil	$7 \times 100 = 0,7$	0,036	$0,7 \times 0,036$	73.326 kg/TJ	1847,8152 kg
Residual oil	$15 \times 100 = 1,5$	0,038	$1,5 \times 0,038$	76.593 kg/TJ	4365,801 kg
Batu bara	$15 \times 100 = 1,5$	0,0189	$1,5 \times 0,0189$	92.800 kg/TJ	2630,88 kg
Total CO ₂					8844,4962 kg CO ₂ /100 ton
Untuk menghitung kebutuhan tanaman dengan asumsi mereduksi 20% : Maka CO ₂ yang harus direduksi adalah: $8844,4962 \text{ kg} \times 20\% = 1768,89924 \text{ kg}$ Tanaman (aksia) yang diperlukan adalah := $(1768,89924 : (1280 \times 12)) \times 1000 = 115,16$ Atau sekitar 116 pohon akasia.					

5.3 Perhitungan Emisi CO₂ dan Kebutuhan Tanaman Penyerap Gas CO₂ di Ruas Jalan

1) Penentuan Luas Jalur Hijau Aktual

Penentuan luasan jalur hijau aktual dilakukan dengan melihat Peta Pertamanan, Peta Jalan Tol dan atau Peta Jalan. Selain itu, data luasan Ruang Manfaat Jalan (Rumaja) dan data luasan Ruang Milik Jalan (Rumija) pun digunakan dalam penentuan luasan jalur hijau.

2) Karbondioksida yang dihasilkan

Karbondioksida yang dihasilkan dari setiap kendaraan bermotor diperoleh dari hasil perkalian jumlah kendaraan bermotor (unit) dengan karbondioksida yang dihasilkan per kendaraan bermotor (kg/jam). Adapun beberapa asumsi serta batasan yang digunakan dalam metode perhitungan ini antara lain :

- Kendaraan bermotor dikelompokan dalam 3 golongan berdasarkan jumlah dan jenis beban,(Hendra Permana, *Penentuan luasan optimal jalur hijau sebagai penyerap gas CO₂*, Fakultas kehutanan-IPB, 2006), yaitu:
 - Golongan I : Kendaraan penumpang dan beban, berbahan bakar bensin
 - Golongan II A : Kendaraan beban dan bis, berbahan bakar solar
 - Golongan II B : Kendaraan beban berkapasitas besar, berbahan bakar solar
- Kebutuhan bahan bakar spesifik dalam satuan kg/PS.Jam, dimana PS (*pfer de starke*) adalah satuan unit tenaga kendaraan yang setara dengan 0,986 hp (horse power), menurut Arismunandar (1980) dalam Wisesa (1988) adalah sebagai berikut: Bensin : 0,21 kg / PS.jam Solar : 0,16 kg / PS.jam

- c. Karbondioksida yang dihasilkan pembakaran sesuai tipe bahan bakar, menurut *Departement of Environment, Food and Rural Affairs* dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Emisi gas CO₂ yang dihasilkan oleh beberapa jenis bahan bakar

No.	Jenis Bahan Bakar	Emisi CO ₂	Satuan
1	Bensin	2,33	kg /Liter
2	Solar	2,64	kg /Liter
3	Batu Bara	2,96	kg /Liter
4	Gas (LPG)	2,06	kg /m ³

Sumber : DEFRA (2001)

- d. Daya minimal rata-rata kendaraan dalam satuan PS (*pfer de starke*):

Golongan I, berbahan bakar bensin : 20 PS

Golongan II A, berbahan bakar solar : 100 PS

Golongan II B, berbahan bakar solar : 150 PS

- e. Karbondioksida yang dihasilkan oleh setiap satu unit kendaraan pada masing-masing golongan:

Golongan I : Bahan bakar : Bensin

Kebutuhan bahan bakar : 0,29 Liter/PS.Jam

Daya minimal : 20 PS/Unit

CO₂ yang dihasilkan : 2,33 kg /Liter

Dengan demikian banyaknya gas CO₂ yang dihasilkan oleh satu unit mobil golongan I dalam satu jam adalah:

$$= 0,29 \text{ Liter/PS.Jam} \times 20 \text{ PS/Unit} \times 2,33 \text{ kg /Liter}$$

$$= 13,51 \text{ kg /Jam.}$$

Golongan II A : Bahan bakar : Solar

Kebutuhan bahan bakar : 0,19 Liter/PS.Jam

Daya minimal : 100 PS/Unit

CO₂ yang dihasilkan : 2,64 kg /Liter

Dengan demikian banyaknya gas CO₂ yang dihasilkan oleh satu unit mobil golongan II A dalam satu jam adalah:

$$= 0,19 \text{ Liter/PS.Jam} \times 100 \text{ PS/Unit} \times 2,64 \text{ kg /Liter}$$

$$= 50,16 \text{ kg /Jam.}$$

Golongan II B : Bahan bakar : Solar

Kebutuhan bahan bakar : 0,19 Liter/PS.Jam

Daya minimal : 150 PS/Unit

CO₂ yang dihasilkan : 2,64 kg /Liter

Dengan demikian banyaknya gas CO₂ yang dihasilkan oleh satu unit mobil golongan II B dalam satu jam adalah:

$$= 0,19 \text{ Liter/PS.Jam} \times 150 \text{ PS/Unit} \times 2,64 \text{ kg /Liter}$$

$$= 75,24 \text{ kg /Jam}$$

- f. Dalam Perhitungan ini, kecepatan mobil yang melaju di jalan tol diasumsikan sebesar 110 Km/Jam, berdasarkan standar Pelayanan Minimum (SPM) jalan tol (terlampir). Berikut ini merupakan rumus untuk mengetahui volume emisi gas CO₂ yang terdapat pada setiap ruas:

$$\text{Volume CO}_2 = \text{Emisi (kg/hari)} \times \text{Jarak (Km)} \div \text{Kecepatan (Km/jam)}$$

- g. Dalam perhitungan ini karbondioksida yang dihitung hanya yang dihasilkan oleh emisi kendaraan bermotor, sedangkan yang berasal dari faktor lain diabaikan.

3) Penentuan Luas Jalur Hijau Berdasarkan Jumlah Karbondioksida yang Dihasilkan

Penentuan kebutuhan luas jalur hijau dilakukan dengan pendekatan Metode Gerrakis (Gerakis, 1974 dalam Wisesa 1988). Metode ini menggunakan pendekatan jumlah oksigen. Namun dalam hal ini rumus yang diperoleh dimodifikasi kembali dengan melihat sisi karbondioksida yang dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor yang melintas, sehingga dapat ditentukan luas jalur hijau yang dibutuhkan berdasarkan jumlah karbondioksida. Hasil rumus modifikasi yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$L = \frac{\sum ai \cdot xi + \sum bi \cdot yi}{K}$$

Keterangan :

- L* : Luas Jalur Hijau (Ha)
- ai* : Karbondioksida yang dihasilkan per kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin (kg/jam)
- bi* : Karbondioksida yang dihasilkan per kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar (kg/jam)
- xi* : Jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin (unit)
- yi* : Jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar (unit)
- K* : Kemampuan tipe vegetasi dalam menyerap gas CO₂ (kg/hari.ha)

4) Pendugaan Daya Serap Vegetasi (Jalur Hijau) Terhadap Karbondioksida

Cahaya matahari akan dimanfaatkan oleh semua tumbuhan baik hutan kota, hutan alami, tanaman pertanian dan lainnya dalam proses fotosintesis yang berfungsi untuk mengubah gas CO₂ dan air menjadi karbohidrat dan oksigen. Dengan demikian proses ini sangat bermanfaat bagi manusia, karena dapat menyerap gas CO₂ yang bila konsentrasi meningkat akan beracun bagi manusia dan hewan serta akan mengakibatkan efek rumah kaca. Di lain pihak proses ini menghasilkan gas oksigen yang sangat diperlukan oleh manusia dan hewan (Dahlan, 1992).

Jalur hijau merupakan salah satu bentuk hutan kota, fungsinya sebagai penyerap gas CO₂ sangat diharapkan untuk mengurangi dampak negatif dari emisi yang di buang oleh kendaraan bermotor yang melintas. Hasil perhitungan daya serap berbagai tipe vegetasi terhadap CO₂ dalam satuan kg/Ha.hari dan kg/Ha.jam (dalam satu hari, proses fotosintesis terjadi hanya pada siang hari), tersaji pada tabel 5.7 .

Tabel 5.7 Daya serap vegetasi terhadap gas CO₂

No.	Tipe Penutupan	Daya Serap (kg /Ha.hari)	Daya Serap (kg /Ha.jam)
1	Pohon	1.559,10	129,92
2	Semak Belukar	150,68	12,56
3	Padang Rumput	32,88	2,74
4	Sawah	32,88	2,74

(sumber: Hendra Permana, Penentuan luasan optimal jalur hijau sebagai penyerap gas CO₂, Fakultas kehutanan-IPB, 2006)

5.3.1 Contoh Data Lalu lintas (lokasi kajian jalan Soekarno Hatta Bandung)

Hasil pengukuran data lalu lintas untuk lokasi kajian Jalan Soekarno Hatta bandung untuk bahan evaluasi perhitungan emisi CO₂ di sekitar jalan perkotaan ditunjukkan pada tabel 5.8 dan 5.9. selengkapnya data lalu lintas disampaikan pada lampiran data lalu lintas.

Selanjutnya data tersebut akan digunakan sebagai contoh untuk perhitungan tingkat emisi CO₂ disekitar Ruas jalan dengan mengambil data rata-rata lalu lintas setiap jam.

Tabel 5.8 Data Lalu Lintas Jl Soekarno Hatta arah SAMSAT Bandung (tgl 19/12/2012)

Waktu	Kend.	Kend.	Kend.	Kend.	Bus		Truck		Kend.	Kend.
	Speda Motor	Pribadi Um	Angkot	Bok	Kecil	Besar	4 Roda	6 Roda	12 Roda	Semi Trailer
06.00 - 07.00	9440	1244	239	42	26	21	18	23	3	2
07.00 - 08.00	6158	1652	218	92	9	10	18	21	6	7
08.00 - 09.00	4288	1596	191	172	15	12	35	65	11	3
11.00 - 12.00	8071	1451	188	88	11	11	63	92	18	18
12.00 - 13.00	8567	1316	181	93	8	10	71	95	17	1
16.00 - 17.00	16108	1559	215	92	11	14	36	83	14	1
17.00 - 18.00	6306	868	121	48	12	11	25	53	6	0
Total (7 Jam)	58938	9686	1353	627	92	89	266	432	75	32
Rata-rata/Jam	8420	1384	193	90	13	13	38	62	11	5
Minimal	4288	868	121	42	8	10	18	21	3	0
Maximal	16108	1652	239	172	26	21	71	95	18	18
Prosentase (%)	0.82	0.14	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

Tabel 5.9 Data Lalu Lintas Jl Soekarno Hatta arah Cibiru Bandung
 (tgl 19/12/2012)

Waktu	Kend.	Kend.	Kend.	Kend.	Bus		Truck		Kend.	Kend.
	Speda Motor	Pribadi/ Um	Angko t	Bok	Keci l	Besa r	4 Roda	6 Roda	12 Roda	Semi Trailer
06.00 - 07.00	2842	999	144	44	13	31	36	15	0	0
07.00 - 08.00	4800	1093	200	42	19	18	31	20	2	1
08.00 - 09.00	4648	1066	206	107	20	11	61	49	5	1
11.00 - 12.00	3950	1162	243	297	11	9	122	119	18	1
12.00 - 13.00	3793	1244	242	242	13	13	90	102	16	4
16.00 - 17.00	5431	1633	250	229	15	15	56	9	2	3
17.00 - 18.00	7676	1557	185	202	11	34	27	33	6	7
Total (7 Jam)	33140	8754	1470	1163	102	131	423	347	49	17
Rata-rata/Jam	4734	1251	210	166	15	19	60	50	7	2
Minimal	2842	999	144	42	11	9	27	9	0	0
Maximal	7676	1633	250	297	20	34	122	119	18	7
Prosentase (%)	0.73	0.19	0.03	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00

Gambar 5.1 Jalan Soekarno Hatta Bandung



Tabel 5.10 Kecepatan kendaraan jalur lambat dan jalur cepat

Waktu	Kend.	Kend.	Kend.	Kend.	Bus		Truck		Kend.	Kend.
	Speda Motor	Pribadi/Um	Angkot	Bok	Kecil	Besar	4 Roda	6 Roda	12 Roda	Semi Trailer
Jalur lambat										
Rata2 Km/Jam	31	32	33	30	34	28	34	38	0	0
Minimal	26	26	26	27	30	24	32	36	0	0
Maximal	38	37	48	32	37	31	35	40	0	0
Jalur cepat										
Rata2 Km/Jam	46	59	54	55	52	44	56	56	0	33
Minimal	43	51	46	53	51	40	54	49	0	27
Maximal	52	71	65	57	53	52	57	64	0	42

5.3.2 Perhitungan Emisi CO₂ dan Kebutuhan Tanaman Penyerap Gas Rumah Kaca (CO₂) di Ruas jalan

5.3.2.1 Perhitungan Emisi CO₂ lokasi Kajian

Sebagai contoh perhitungan dilakukan terhadap data lalu lintas tabel 4.10 dan 4.11 dengan menggunakan data lalu lintas rata rata setiap jam.

Tahap pertama : lakukan beban emisi dari setiap kendaraan yang melalui jalan tersebut untuk setiap Km jalan seperti tabel 5.11 dibawah.

Tabel 5.11 Perhitungan Emisi CO₂ setiap Km Jalan pada setiap Jamnya

Jenis kendaran	Vol LL per jam			Faktor emisi (Lestari dan Adolf, 2008)	Emisi CO ₂ setiap Km jalan
	1	2	Total		
Sepeda motor	8420	4734	13154	122,19	1607,28726
Kendpribadi/umum	1384	1251	2635	329,66	868,6541
Kend angkot	193	210	403	346,30	139,5589
Kend. box	90	166	256	373,63	95,64928
Bus kecil	13	15	28	703,19	19,68932
Bus besar	13	19	32	859	27,488
Truk 4 roda	38	60	98	771,15	75,5727
Truk 6 roda	62	50	112	771,15*	86,3688
Truk 12 roda	11	7	18	771,15*	13,8807
Kend semi trailer	5	2	7	771,15*	5,39805
					2939,54711 kg/km/jam

*data emisi minimal sumber Lestari (2008)

Tahap kedua: lakukan perhitungan data selama 12 jam (siang hari saja)

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ pada siang hari} = 12 \text{ jam} \times 2939,54711 \text{ kg/km/jam}$$

$$= 35274,56532 \text{ kg/km}$$

5.3.2.2 Perhitungan Kebutuhan Tanaman Penyerap GRK Lokasi Kajian

Penentuan kebutuhan luas jalur hijau dilakukan dengan pendekatan Metode Gerrakis (Gerakis, 1974 dalam Wisesa 1988). Metode ini menggunakan pendekatan jumlah oksigen. Namun dalam hal ini rumus yang diperoleh dimodifikasi kembali dengan melihat sisi karbondioksida yang dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor yang melintas, sehingga dapat ditentukan luas jalur hijau yang dibutuhkan berdasarkan jumlah karbondioksida. Hasil rumus modifikasi yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$L = \frac{\sum ai \cdot xi + \sum bi \cdot yi}{K}$$

Keterangan :

L : Luas Jalur Hijau (Ha)

ai : Karbondioksida yang dihasilkan per kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin (kg/jam)

bi : Karbondioksida yang dihasilkan per kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar (kg/jam)

xi : Jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin (unit)

yi : Jumlah kendaraan bermotor dengan bahan bakar solar (unit)

K : Kemampuan tipe vegetasi dalam menyerap gas CO₂ (kg/hari.ha)

Pendugaan Daya Serap Vegetasi (Jalur Hijau) Terhadap Karbondioksida

Cahaya matahari akan dimanfaatkan oleh semua tumbuhan baik hutan kota, hutan alami, tanaman pertanian dan lainnya dalam proses fotosintesis yang berfungsi untuk mengubah gas CO₂ dan air menjadi karbohidrat dan oksigen. Dengan demikian proses ini sangat bermanfaat bagi manusia, karena dapat menyerap gas CO₂ yang bila konsentrasi meningkat akan beracun bagi manusia dan hewan serta akan mengakibatkan efek rumah kaca. Di lain pihak proses ini menghasilkan gas oksigen yang sangat diperlukan oleh manusia dan hewan (Dahlan, 1992).

Jadi kebutuhan tanaman untuk dapat mereduksi emisi CO₂ pada siang hari adalah:

Dengan contoh tanaman yang dipilih adalah Akasia daya serap karbondioksida/pohon 1280 (gr/jam) lihat tabel 2.9 . Maka untuk lokasi kajian dibutuhkan tanaman akasia adalah :

$$\begin{aligned} &= (35274,56532 \text{ kg/km} : (1280 \times 12)) \times 1000 \\ &= (35274,56532 \text{ kg/km} : 15360) \times 1000 \\ &= 2296,5 \text{ atau } 2297 \text{ pohon} \end{aligned}$$

Dalam aplikasinya perlu dilakukan program atau target dari proesentasi yang CO₂ yang akan direduksi, yang disesuaikan dengan ketersediaan area lahan kosong yang dapat ditanami atau target CO₂ yang akan direduksi.

Contoh apabila CO₂ yang akan direduksi sebanyak 20% maka jumlah pohon akasia yang harus ditanam adalah : 2297 pohon x 20% = 459,4 pohon.

Atau sekitar 459 pohon akasia untuk setiap 1 Km panjang jalan Soekarno Hatta Bandung, yang harus ditanam agar emisi CO₂ dapat tereduksi sekitar 20%.

Daftar Pustaka

- 1) American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASTHO), AASTHO Materials, Part I Specification, 13th Edition, 1982.
- 2) American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASTHO), AASTHO Materials, Part II Test, 13th Edition, 1982.
- 3) Sularso, Haruo Tahara, Pompa Dan Compressor, PT. Pradnya Paramita Jakarta, 1985.
- 4) Ir. Jac Sttolk – Ir. C. Kros, Elemen Bangunan Mesin, Erlangga, 1986
- 5) Frank P. Incropera – David P. De Witt, Fundamental Of Head And Mass Transfer, Edisi ke 3, 1990.
- 6) Tim Pemeriksaan kelayakan, Pemeriksaan Kelaikan Asphalt Mixing Plant, No. 032/T/BM/996, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta November 1995
- 7) Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Petunjuk Pemeriksaan Peralatan Pemecah Batu (Stone Crusher), Peralatan No. 030/T/BM/1996, Maret 1996
- 8) Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, Spesifikasi Jalan Dan Jembatan, Edisi 2002.
- 9) American Association Of State Highway And Transportation Officials (AASTHO), AASTHO Designation = M 156 – 89 (ASTM Designation = D 995 – 91), Standard Specification For Requirement For Mixing Plants For Hot Mixed, Hot – Laid Bituminous Paving Mixtures.
- 10) Cmi Corporation Okla City, Usa, Fundamentals Of Asphalt Paving.
- 11) PT. Bukaka Teknik Utama, Operation Manual Asphalt Mixing Plant Cap. 50 TPH (Batch Type), Model : BAMP – 800P – SA, Jl. Raya Bekasi – Cibinong.
- 12) Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas.
- 13) Tanaka Iron Works, Co. Ltd, Operation And Maintenance Instruction Manual Asphalt Mixing Plant.
- 14) PT. Bukaka Teknik Utama, Buku Petunjuk Operasi Asphalt Mixing Plant, Jl. Kramat VI No. 5, Jakarta,.
- 15) Hikmat Iskandar, Klasifikasi jalan sesuai Regulasi Puslitbang Jalan dan Jembatan Departemen PU, Th 2008