

EMISI CO₂ AKIBAT KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA DENPASAR

CO₂ EMISSIONS FROM VEHICLE IN DENPASAR

Nunuj Nurdjanah

Puslitbang Perhubungan Darat dan Perkeretaapian, Jl. Medan Merdeka Timur Nomor 5 Jakarta-Indonesia
nujtea@yahoo.com

Diterima: 28 Januari 2015, Direvisi: 4 Februari 2015, Disetujui: 25 Februari 2015

ABSTRACT

In large cities, the contribution of the exhaust gas of motor vehicle as a source of air pollution reached 60%-70%. The use of fossil fuels on the transport sector, especially of gasoline will issue those compounds such as CO (carbon monoxide), THC (total hydro carbon), TSP (dust), NO_x (nitrogen oxides) and SO_x (sulfur oxide), and also carbon dioxide (CO₂). CO₂ emissions excessive are the cause of Greenhouse Gas (GHG) emissions that cause global warming that result of climate change, therefore there must be a serious effort to reduce the CO₂ emissions. One of the big cities in Indonesia, which actively implement CO₂ emissions reduction is the city of Denpasar, since the city has the level of most high in the Province of Bali. The greatest cause of air pollution in Denpasar is due to the operation of motor vehicles in Denpasar area that had not balance with the available roads. The purpose of this research is to find out CO₂ emissions due to the TIER II. Based on the result of the analysis, for the length of the road surveyed is 46.50 km, with an emissions factor FE Local 2011, the CO₂ emissions by 2012 as much as 20,339.17 tons/year. As for the total road length in Denpasar 648.49 km, causing emission of CO₂ of 283,650.43 tons/year in 2011.

Keywords: CO₂ emissions, vehicle, Denpasar

ABSTRAK

Di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-70%. Penggunaan bahan bakar minyak pada sektor transportasi khususnya bensin akan mengeluarkan senyawa-senyawa seperti CO (karbon monoksida), THC (total hidrokarbon), TSP (debu), Nox (oksida-oksida nitrogen) dan Sox (oksida-oksida sulfur), dan juga karbon dioksida (CO₂). Emisi CO₂ yang berlebihan merupakan penyebab terjadinya gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan pemanasan global yang berakibat terjadinya perubahan iklim, oleh karena itu harus ada upaya serius guna menurunkan emisi CO₂ tersebut. Salah satu kota besar di Indonesia, yang giat melaksanakan penurunan emisi CO₂ adalah Kota Denpasar, karena merupakan kota dengan tingkat pencemaran paling tinggi di Provinsi Bali. Penyebab yang paling besar polusi udara di Kota Denpasar adalah akibat beroperasinya kendaraan bermotor di wilayah Kota Denpasar yang sudah tidak seimbang dengan ruas jalan yang tersedia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui emisi CO₂ akibat beroperasinya kendaraan bermotor, dengan menggunakan metode perhitungan emisi yang banyak digunakan di Indonesia yang merupakan pendekatan TIER II. Berdasarkan hasil analisis, untuk panjang jalan yang disurvei yaitu sepanjang 46,50 km, dengan faktor emisi (FE) Lokal 2011, emisi CO₂ tahun 2012 sebanyak 20.339,17 ton/tahun. Sedangkan untuk panjang jalan total di Kota Denpasar 648,49 km menimbulkan emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 283.650,43 ton/tahun.

Kata Kunci: emisi CO₂, kendaraan bermotor, Denpasar

PENDAHULUAN

Emisi kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran utama di kota-kota besar di Indonesia. Pencemaran udara sangat erat kaitannya dengan konsumsi energi bahan bakar minyak. Konsumsi bahan bakar minyak berakibat polutan ke atmosfer dalam skala yang besar, sehingga perlu upaya-upaya untuk pengendalian pencemaran udara agar tidak semakin meningkat emisinya, yang dapat meningkatkan resiko penyakit dan gas rumah kaca (GRK) sebagai akibat emisi kendaraan bermotor. Di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-70%. Faktor-faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain (Kementerian Lingkungan Hidup, 2011):

a. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial);

- b. Tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada;
- c. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota;
- d. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota;
- e. Kesamaan waktu aliran lalu lintas;
- f. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor;
- g. Faktor perawatan kendaraan;
- h. Jenis bahan bakar yang digunakan;
- i. Jenis permukaan jalan;
- j. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*).

Penggunaan bahan bakar minyak pada sektor transportasi khususnya bensin akan mengeluarkan senyawa-senyawa seperti CO (karbon monoksida), THC (total hidrokarbon), TSP (debu), Nox (oksida-oksida nitrogen) dan Sox (oksida-oksida sulfur), dan juga karbon dioksida (CO₂).

Sektor transportasi Indonesia saat ini merupakan konsumen terbesar produk minyak bumi dan sumber yang besar dari emisi gas rumah kaca (GRK) secara keseluruhan. Tanpa adanya tindakan yang signifikan untuk mengurangi intensitas karbon dari sektor transportasi maka emisi GRK diperkirakan akan meningkat dua kali lipat dalam waktu kurang dari 10 tahun, dan akan sangat berpengaruh terhadap perubahan iklim dunia.

Perubahan iklim merupakan tantangan strategis dan tantangan pembangunan yang dihadapi Indonesia. Pemerintah Indonesia mengakui bahwa perubahan iklim merupakan isu pembangunan ekonomi dan perencanaan yang penting. Pemerintah Indonesia juga mengakui bahwa tindakan sejak dini untuk melakukan mitigasi dan adaptasi akan bermanfaat secara strategis maupun secara ekonomi bagi Indonesia. Sebagai salah satu langkah penting dalam melakukan mitigasi, Pemerintah Indonesia telah memulai Kajian Opsi Pembangunan Rendah Karbon sebagai kesempatan untuk mengevaluasi dan mengembangkan opsi-opsi strategis dalam rangka mengurangi intensitas emisi tanpa mengorbankan tujuan-tujuan pembangunan.

Pada KTT Bumi di Rio de Janeiro, Brazil tahun 1992, telah menghasilkan komitmen internasional dengan ditandatanganinya *United Nations Framework Convention on Climate Change* oleh sejumlah negara, termasuk Indonesia. Kemudian pada tahun 1994 pemerintah Republik Indonesia meratifikasi konvensi tersebut melalui Undang Undang Nomor 6 Tahun 1994 tentang Pengesahan *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disamping itu, sebagai salah satu penandatanganan Deklarasi Millenium pada KTT Millenium yang diadakan oleh PBB pada tahun 2000, Pemerintah Indonesia berkewajiban melaksanakan dan memantau perkembangan pencapaian indikator *Millenium Development Goals (MDGs)* pada tingkat nasional, khususnya untuk tujuan menjamin kelestarian lingkungan hidup dengan salah satu indikatornya adalah emisi CO₂ (karbon dioksida) per kapita dan konsumsi bahan perusak ozon (CFC).

Secara global, teknologi transportasi mengandalkan bahan bakar minyak bumi (95%). Pada tahun 2004 di tingkat dunia, sektor transportasi menghasilkan 6,3 Gton (Giga ton) emisi CO₂ (sekitar 12 persen dari total), dan transportasi darat menyumbang 74% dari emisi ini.

Berdasarkan data dalam Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Angka 2009, yang diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dengan hanya memperhitungkan konsumsi BBM (Tier I) rmemperkirakan bahwa secara nasional, emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor transportasi meningkat yaitu dari 58 juta ton pada tahun 2000 menjadi 73 juta ton pada tahun 2007. Kontribusi emisi CO₂ terbesar berasal dari konsumsi premium dan turunannya (pertamax, pertamax plus dan super TT), serta solar. Kendaraan bermotor menyumbang emisi CO₂ sebanyak 71 juta ton, dengan konsumsi energi sebanyak 179 juta sbm (Setara Barel Minyak).

Komitmen Pemerintah Indonesia terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca berdasarkan Keputusan *Bali Action Plan* (2007), disebutkan perlunya peran negara-negara berkembang melalui pengurangan emisi secara sukarela. Indonesia dalam hal ini di G20 Pittsburg (September 2009) mengajukan untuk menurunkan sebesar 26% pada tahun 2020 dengan usaha sendiri dan dapat meningkat menjadi 41% dengan dukungan internasional. Transportasi akan menurunkan sebesar 6% dari target 26% pada tahun 2020. Dari 6% sektor transportasi, angkutan jalan sebesar 88%.

Upaya pengurangan emisi secara sukarela ini disebut juga *Nationally Appropriate Mitigation Actions* (NAMAs). Secara internasional belum terdapat kesepakatan mengenai metodologi NAMAs. Akan tetapi, arah perkembangan negosiasi antar negara terkait dengan pengurangan emisi mengindikasikan bahwa Indonesia perlu membuat Nasional *Baseline* (acuan dasar). (*Department of Health Indonesia and World Health Organization, 2008*).

Nasional *Baseline* ini perlu membuat landasan yang komprehensif tentang *baseline* dari emisi nasional maupun berbagai skenario penurunan emisi dari emisi per sektornya. Salah satu pertimbangan utama agar program-program mitigasi dapat dikategorikan dalam program NAMAs adalah program-program yang berbiaya murah (*least cost principle*). Kedudukan program-program mitigasi dalam dokumen RAD dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari program-program NAMAs, jika program-program tersebut mengacu kepada Nasional *Baseline*. Selanjutnya, jika dari aspek biaya program-program dari RAD ada yang termasuk dalam kategori biaya yang lebih murah, maka dapat diusulkan masuk dalam program-program.

Salah satu kota besar di Indonesia, yang giat melaksanakan penurunan emisi CO₂ adalah Kota Denpasar, karena merupakan kota dengan tingkat pencemaran paling tinggi di Provinsi Bali. Penyebab yang paling besar polusi udara di Kota Denpasar

adalah akibat beroperasinya kendaraan bermotor di wilayah Denpasar yang sudah tidak seimbang dengan ruas jalan yang tersedia, disamping aktivitas lainnya yang bisa menimbulkan emisi seperti kegiatan industri, pembakaran sampah dan sebagainya.

Secara umum kualitas udara *ambient* (udara bebas) di Kota Denpasar belum terlalu mengkhawatirkan. Hal ini dipengaruhi oleh geografis Kota Denpasar yang berada di tepi pantai, sehingga intensitas peredaran udara sangat lancar. Selain itu, keberadaan industri yang berskala besar juga belum ada. Namun, kondisi ini berbeda jauh dengan kualitas udara di jalan. Pada beberapa ruas jalan menunjukkan kualitas udaranya tergolong sudah mengkhawatirkan.

Gambaran tercemarnya kualitas udara di sejumlah ruas jalan di Kota Denpasar ini ditunjukkan dari hasil uji emisi tahun 2008 yang dilakukan Dinas Lingkungan Hidup Denpasar. Berdasarkan 1.645 kendaraan roda empat yang diuji emisinya, ternyata 930 unit kendaraan roda empat atau 56,53% dari total sampel yang diuji, emisi gas buang berada di atas ambang batas baku mutu atau tidak lulus uji. Uji emisi ini dimaksudkan untuk mendapatkan data pencemaran udara dari sumber bergerak, khususnya kendaraan bermotor di jalan.

Sementara itu, uji emisi yang dilakukan tahun 2009 di Kota Denpasar mulai mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2008. Dari 963 unit kendaraan yang dilakukan uji emisi, tidak lulus sekitar 29,49%. Uji emisi telah berlangsung di tiga lokasi strategis di Kota Denpasar yakni Jalan Mahendradatta, Jalan Raya Sesetan, serta Jalan Hayam Wuruk. Jumlah kendaraan yang berhasil diuji mencapai 963 unit. Dari jumlah itu, 284 unit kendaraan tidak lulus uji. Sebanyak 176 kendaraan yang berbahan bakar bensin dinyatakan tidak lulus uji dan 108 unit kendaraan diesel (bahan bakar solar) tidak memenuhi standar baku mutu gas buang. Bagi yang tidak lulus uji ini, pemilik perlu melakukan perawatan kendaraannya secara berkala.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui rata-rata emisi CO₂, emisi total CO₂ di Kota Denpasar, serta memberikan rekomendasi mengenai upaya yang perlu dilakukan untuk menurunkan tingkat emisi CO₂ di Kota Denpasar.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

Emisi gas buang kendaraan bermotor sebenarnya sangat tergantung dari perawatan mesin kendaraan, bukan dari baru lamanya kendaraan tersebut. Dampak dari emisi gas buang yang terlalu tinggi akan mempengaruhi

kesehatan manusia, karena bila kandungan karbon monoksida (CO) tinggi, akan mengurangi oksigen dalam darah, sehingga terjadi gangguan berpikir. Untuk kandungan hidrokarbon (HC) di atas ambang batas, bisa menyebabkan iritasi mata, batuk, rasa ngantuk, bercak kulit, serta perubahan kode genetik. Kandungan CO₂ yang tinggi juga akan berpengaruh pada pemanasan global. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010).

B. Bahan Bakar Minyak

Di Indonesia terdapat beberapa bahan bakar jenis bensin yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ditentukan berdasarkan nilai *Research Octane Number* (RON), sebagai berikut.

1. Premium (RON 88), adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat warna tambahan (*dye*). Pada umumnya premium digunakan untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti mobil, sepeda motor, motor tempel, dan lain-lain. Bahan bakar ini sering disebut juga motor *gasoline* atau *petrol*.
2. Pertamax (RON 92), bahan bakar ini ditujukan untuk kendaraan yang mensyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal. Pertamax juga direkomendasikan kendaraan yang diproduksi di atas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection* dan *catalytic converter*.
3. Pertamax Plus (RON 95), jenis BBM ini telah memenuhi standar performa internasional *World Wide Fuel Charter* (WWFC). Pertamax plus ditujukan untuk kendaraan berteknologi mutakhir yang mensyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan ramah lingkungan.

C. Kebijakan Nasional Dalam Mengendalikan Pencemaran Udara

Peraturan-peraturan yang terkait dengan upaya mengendalikan pencemaran udara antara lain:

1. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 04/2009 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru. Dengan diterbitkannya Peraturan Menteri ini diharapkan dapat dijadikan panduan bagi industri otomotif untuk memproduksi kendaraan bermotor dengan teknologi yang ramah

lingkungan. Peraturan Menteri ini hendaknya dilaksanakan oleh semua pihak yang terkait dengan sebaik-baiknya berdasarkan komitmen semua stakeholders.

2. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral telah menerbitkan spesifikasi bahan bakar nasional yaitu sesuai peraturan:
 - a. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3674k/24/DJM/2006 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Jenis Bensin yang Dipasarkan di Dalam Negeri.
 - b. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 3675k/24/DJM/2006 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri.

Penetapan standar kualitas bahan bakar berperan penting dalam upaya memperketat peraturan emisi.

D. Protocol Kyoto

Protokol Kyoto adalah sebuah amandemen terhadap Konvensi Rangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC, yang diadopsi pada Pertemuan Bumi di Rio de Janeiro pada tahun 1992), adalah sebuah persetujuan internasional mengenai pemanasan global. Negara-negara yang meratifikasi protokol ini berkomitmen untuk mengurangi emisi/pengeluaran karbon dioksida dan lima gas rumah kaca lainnya, atau bekerja sama dalam perdagangan emisi jika mereka menjaga jumlah atau menambah emisi gas-gas tersebut. Jika sukses diberlakukan, Protokol Kyoto diprediksi akan mengurangi rata-rata cuaca global antara 0,02°C dan 0,28°C pada tahun 2050.

Berikut adalah detail Protokol Kyoto: "*Protokol Kyoto adalah sebuah persetujuan sah di mana negara-negara perindustrian akan mengurangi emisi gas rumah kaca mereka secara kolektif sebesar 5,2% dibandingkan dengan tahun 1990 (namun yang perlu diperhatikan adalah, jika dibandingkan dengan perkiraan jumlah emisi pada tahun 2010 tanpa Protokol, target ini berarti pengurangan sebesar 29%). Tujuannya adalah untuk mengurangi rata-rata emisi dari enam gas rumah kaca karbon dioksida, metan, nitrous oxide, sulfur heksafluorida, HFC, dan PFC - yang dihitung*

sebagai rata-rata selama masa lima tahun antara 2008-2012. Target nasional berkisar dari pengurangan 8% untuk Uni Eropa, 7% untuk AS, 6% untuk Jepang, 0% untuk Rusia, dan penambahan yang diizinkan sebesar 8% untuk Australia dan 10% untuk Islandia".

Pada saat pemberlakuan persetujuan Februari 2005, telah diratifikasi oleh 141 negara, yang mewakili 61% dari seluruh emisi. Negara-negara tidak perlu menandatangani persetujuan tersebut agar dapat meratifikasinya: penandatanganan hanyalah aksi simbolis saja.

Menurut syarat-syarat persetujuan Protokol, mulai berlaku pada hari ke-90 setelah tanggal saat di mana tidak kurang dari 55 peserta Konvensi, termasuk pihak-pihak dalam Annex I yang bertanggung jawab kepada setidaknya 55% dari seluruh emisi karbon dioksida pada 1990 dari pihak-pihak dalam Annex I, telah memberikan alat ratifikasi mereka, penerimaan, persetujuan atau pemasukan. Dari kedua syarat tersebut, bagian "55 pihak" dicapai pada 23 Mei 2002 ketika Islandia meratifikasi. Ratifikasi oleh Rusia pada 18 November 2004 memenuhi syarat "55%" dan menyebabkan persetujuan itu mulai berlaku pada 16 Februari 2005.

E. Kerangka Kebijakan dan Acuan Normatif Mengenai Perubahan Iklim

Pemerintah Republik Indonesia telah menghasilkan beberapa peraturan dan kebijakan mengenai adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Beberapa dokumen utama antara lain: Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap* (ICCSR). RAN-GRK adalah dokumen perencanaan jangka panjang yang mengatur usaha-usaha pengurangan emisi gas rumah kaca yang terkait dengan substansi Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM). RAN GRK merupakan acuan utama bagi aktor pembangunan di tingkat nasional, propinsi, dan kota/kabupaten dalam perencanaan, implementasi, monitor, dan evaluasi pengurangan emisi gas rumah kaca. Proses legalisasi RAN-GRK dibuat melalui Peraturan Presiden yaitu Perpres Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.

RAN-GRK mengamanatkan kepada pemerintah propinsi untuk menyusun rencana aksi pengurangan emisi untuk tingkat provinsi,

yang selanjutnya disebut dengan Rencana Aksi Daerah Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK). Substansi pada RAN-GRK merupakan dasar bagi setiap provinsi dalam mengembangkan RAD-GRK sesuai dengan kemampuan serta keterkaitannya terhadap kebijakan pembangunan masing-masing provinsi. Dengan demikian, RAD-GRK kemudian akan ditetapkan melalui Peraturan Gubernur.

Penyusunan RAD-GRK diharapkan merupakan proses *bottom-up* yang menggambarkan bagaimana langkah yang akan ditempuh setiap propinsi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, sesuai dengan kapasitas masing-masing. Lebih lanjut, setiap pemerintah propinsi perlu menghitung besar emisi gas rumah kaca masing-masing, target pengurangan, dan jenis sektor yang akan dikurangi emisinya (Karlo Manik *et al.*, 2012).

METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan pendekatan kualitatif dengan menggunakan sampel non eksperimen dan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kualitatif dilakukan dengan menggunakan sampel responden pengemudi/pemilik kendaraan bermotor untuk setiap jenis kendaraan bermotor yang diambil secara acak di lapangan.

Pendekatan kuantitatif dilakukan dengan menggunakan data sekunder berupa data dan informasi terkait emisi CO₂ dari instansi terkait seperti dari pemerintah pusat (Ditjen Perhubungan Darat, Ditjen Bina Marga Kementerian PU dan POLRI), dan pemerintah daerah (Dinas Perhubungan Propinsi/Kota/Kabupaten, Dinas PU, dan Bapedalda), serta instansi terkait lainnya.

B. Lokasi Penelitian

Pengumpulan data dilakukan di Kota Denpasar, dengan menginventarisir lalu lintas harian rata-rata (LHR) di jalan-jalan utama yang memiliki volume kendaraan yang padat, karena pada volume lalu lintas yang tinggi biasanya kecepatan rendah karena sering terjadi kemacetan di berbagai simpul, yang memicu tingginya emisi CO₂ di wilayah tersebut, serta melakukan wawancara dengan pengemudi kendaraan bermotor yang mewakili terkait dengan penggunaan BBM per km.

C. Sampling

Dalam penelitian ini dilakukan *sampling* yaitu dengan *sampling purposive*, jadi tidak semua

kendaraan yang lewat diambil datanya. *Sampling purposive* ini ditujukan untuk pengambilan sampel jenis kendaraan bermotor tertentu yang mewakili setiap jenis kendaraan bermotor yang dihitung LHR-nya.

D. Kebutuhan Data

Dalam proses analisis, dibutuhkan data yang terkait dengan perhitungan emisi gas buang kendaraan bermotor. Data yang diperlukan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui *form/kuesioner* survei di lapangan. Data primer yang dikumpulkan meliputi data karakteristik tiap jenis kendaraan (sedan, minibus, jeep, pickup, mikrobus, bus, truk, sepeda motor dan roda tiga) di wilayah survei yang meliputi jenis kendaraan, CC, km tempuh, BBM yang dikonsumsi, tahun kendaraan, dan konsumsi BBM per km tempuh.

Data primer yang dibutuhkan untuk mengestimasi beban emisi adalah data LHR, data konsumsi bahan bakar spesifikasi dan jenisnya untuk setiap kendaraan dalam liter per km, dan data panjang ruas jalan yang diamati. Data konsumsi bahan bakar bisa diperoleh dengan wawancara terhadap pengemudi/pemilik kendaraan atau dengan menggunakan alat **Ono Sokki FP-2140H** dan dipasangkan dengan **Ono Sokki LC-5100** sebagai alat pembaca yang secara otomatis akan mengeluarkan data konsumsi bahan bakar ke dalam kertas rol sesuai dengan selang waktu yang diinginkan. Selang waktu yang dipilih adalah per 10 detik. Konsumsi bahan bakar tergantung pada banyak faktor termasuk frekuensi, rata-rata percepatan dan perlambatan, cara berkendara pengemudi, banyaknya beban mesin kendaraan, pemeliharaan kendaraan, pemompaan dan penggunaan *air conditioning*. Selain itu mempertimbangkan *fuel economy* per jenis kendaraan yang berbeda-beda menurut jenis dan bahan bakar yang digunakan serta waktu berhenti yang terjadi selama di perjalanan. Hal ini yang membuat estimasi beban emisi dengan pendekatan konsumsi bahan bakar lebih mendekati kondisi sesungguhnya di perjalanan. (Kementerian Lingkungan Hidup, 2008).

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data jumlah kendaraan bermotor di wilayah survei, data kuota bahan bakar pada lokasi survei, data faktor emisi CO₂ kendaraan bermotor. Data pendukung lainnya yang dibutuhkan adalah faktor emisi.

E. Metode Analisis

Pada penelitian ini analisis dilakukan dengan menggunakan formula perhitungan emisi CO₂

yang banyak digunakan dalam berbagai penelitian di Indonesia. Formula ini sebenarnya merupakan pendekatan Tier II, dengan beberapa perubahan karena pertimbangan ketersediaan data yang ada di Indonesia.

Formula perhitungan emisi CO₂ yang akan digunakan sebagai berikut (IPCC, 2006).

Rumus:

$$E = n \times EF \times K \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- E = Jumlah emisi (g/jam.km)
- n = Jumlah Kendaraan (kend/jam)
- EF = Faktor emisi (g/liter)
- K = Konsumsi Bahan Bakar (liter/km)

Perhitungan akan dilakukan dengan kendaraan tanpa dikonversi, dengan alternatif sebagai berikut.

1. Perhitungan Emisi CO₂ dengan jumlah kendaraan tanpa dikonversi dalam satuan kend/jam, dan menggunakan faktor emisi *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 1996).
2. Perhitungan Emisi CO₂ dengan jumlah kendaraan tanpa dikonversi dalam satuan kend/jam, dan menggunakan faktor emisi lokal.

Selanjutnya untuk mendapatkan emisi CO₂ total pada ruas jalan yang disurvei pada wilayah penelitian dalam satuan ton, adalah

dengan mengalikan jumlah hasil perhitungan emisi CO₂ dalam satuan ton/jam.km dengan panjang jalan yang diamati di wilayah penelitian. Kemudian untuk mengetahui emisi total CO₂ di seluruh ruas jalan yang ada pada wilayah penelitian digunakan rumus sebagai berikut.

$$E_{Total} \text{ (ton/tahun)} = \text{Panjang Jalan} \times E_{rata-rata} \dots (2)$$

Adapun data yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah sebagai berikut.

1. Jumlah dan jenis kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan, yang merupakan hasil survei LHR pada wilayah penelitian.
2. Jumlah energi atau BBM spesifik untuk setiap jenis kendaraan dalam satuan liter per 100 km atau liter per km.
3. Faktor emisi CO₂.
4. Panjang ruas jalan yang diamati pada wilayah penelitian.
5. Panjang ruas jalan total pada wilayah penelitian.

1. Lalu Lintas Harian Rata-rata

Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang akan digunakan dalam perhitungan emisi CO₂ dalam penelitian ini adalah data LHR hasil survei yang dilakukan Ditjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Perhitungan dilakukan berdasarkan 11 jenis kendaraan dan terdiri dari 8 golongan kendaraan.

Tabel 1.
Jenis Kendaraan Yang Diamati/Diteliti

No.	Jenis Kendaraan	Golongan
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	1
2.	Mobil penumpang (<i>station wagon</i> dan sedan)	2
3.	Opelet, suburban, combi, dan minibus	3
4.	<i>Pick-up, micro truck</i> , dan mobil hantaran	4
5.	Bus kecil	5A
6.	Bus besar	5B
7.	Truk ringan 2 sumbu	6A
8.	Truk sedang 2 sumbu	6B
9.	Truk 3 sumbu	7A
10.	Truk gandengan	7B
11.	Truk semi trailer	7C
12.	Non Kendaraan Bermotor	8

Sumber: Hasil Survei LHR, Ditjen Bina Marga, 2011

Data jumlah kendaraan hasil survei LHR akan sangat berbeda dengan data jumlah kendaraan yang terdaftar di Polri, data

LHR menggambarkan kendaraan yang beroperasi di suatu ruas jalan dalam satuan kendaraan per jam.

2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Dalam perhitungan emisi CO₂, data konsumsi BBM yang akan digunakan adalah data hasil survei karena data sekunder konsumsi bahan bakar untuk setiap jenis kendaraan yang diamati tidak tersedia.

Survei dilakukan melalui wawancara dengan pengemudi/pemilik kendaraan

dengan satuan liter per 100 km. Hasil survei tersebut, kemudian diambil rata-ratanya untuk dimasukkan dalam perhitungan emisi CO₂. Konsumsi energi spesifik tersebut akan digunakan dalam perhitungan dengan asumsi bahwa penggunaan BBM di ruas jalan di wilayah penelitian adalah sama untuk setiap jenis kendaraan yang disurvei.

Tabel 2.
Konsumsi BBM Spesifik Untuk Setiap Jenis Kendaraan di Kota Denpasar

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (Liter/100km)	Konsumsi Energi Spesifik (Liter/Km)
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	2,66	0,0266
2.	Mobil penumpang (<i>station wagon</i> dan sedan)	11,79	0,1179
3.	Opelet, suburban, combi, dan minibus	11,60	0,1160
4.	<i>Pick-up</i> , <i>micro truck</i> , dan mobil hantaran	10,64	0,1064
5.	Bus kecil	16,50	0,1650
6.	Bus besar	16,89	0,1689
7.	Truk ringan 2 sumbu	18,50	0,1850
8.	Truk sedang 2 sumbu	18,80	0,1880
9.	Truk 3 sumbu	19,00	0,1900
10.	Truk gandengan	19,10	0,1910
11.	Truk semi trailer	19,20	0,1920

Sumber: Hasil Survei Badan Litbang Perhubungan, dianalisis, 2012

3. Faktor Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ dalam penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan dua faktor emisi. Perhitungan pertama akan dilakukan dengan menggunakan faktor emisi berdasarkan IPCC 1996, dan perhitungan kedua akan menggunakan faktor emisi lokal hasil penelitian Budisantoso dkk (2011). Kedua hal ini dilakukan sebagai perbandingan perhitungan emisi CO₂, dan tentunya mana yang akan digunakan tergantung pada pengambil kebijakan. Faktor emisi CO₂ berdasarkan IPCC 1996, untuk kendaraan berbahan bakar premium

adalah 2.597,86 g/liter, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar adalah 2.924,90 g/liter. (Aube, F. 2001). Faktor emisi CO₂ berdasarkan faktor emisi lokal hasil penelitian Budisantoso dkk., untuk kendaraan berbahan bakar premium adalah 2003,40 g/liter, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar adalah 2.220,40 g/liter. Faktor emisi lokal yang diteliti oleh Budisantoso dkk. ini merupakan analisis lanjutan dari faktor emisi yang diteliti oleh Suhadi pada tahun 2008, dengan faktor emisi dasar adalah IPCC 2006.

Tabel 3.
Faktor Emisi CO₂

No.	Jenis Bahan Bakar	Faktor Emisi IPCC 1996 (g/liter)	Faktor Emisi Lokal (g/liter)
1.	Premium/Bensin	2.597,86	2.003,40
2.	Diesel/Solar	2.924,90	2.220,40

Sumber: IPCC 1996, dalam Budisantoso dkk, 2011

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Perhitungan LHR di Kota Denpasar diperlukan guna memperkirakan emisi karbon berdasarkan jenis kendaraan bermotor yang beroperasi di jalan. Lalu lintas harian rata-rata di Kota

Denpasar pada penelitian ini adalah berdasarkan data LHR hasil survei Bina Marga Kementerian PU tahun 2011, dengan pengamatan yang dilakukan di 14 ruas jalan di Kota Denpasar, sesuai dengan karakteristik jalannya.

Tabel 4.
Karakteristik Jalan Survei LHR di Kota Denpasar

No.	Nama Ruas	Nama Lintas	Panjang (km)	Fungsi Kelas
1.	Mengwitani - Bts. Kota Denpasar	Jalan Lintas Selatan	7,39	A
2.	Jln. Cokroaminoto (Dps)	Jalan Lintas Selatan	3,83	A
3.	Jln. Cokroaminoto (Dps)	Non Lintas	0,98	A
4.	Jln. Sutomo (Dps)	Non Lintas	0,94	A
5.	Jln. Setiabudi (Dps)	Non Lintas	0,77	A
6.	Jln. Wahidin (Dps)	Non Lintas	0,23	A
7.	Jln. Thamrin (Dps)	Non Lintas	0,38	A
8.	Sp.Cokroaminoto - Sp.Kerobokan	Non Lintas	3,79	K1
9.	Jln. Gunung Agung - Akses Kargo	Non Lintas	4,42	K1
10.	Jln. Western Ring Road (Sp.Gatot Subroto)	Non Lintas	4,46	K1
11.	Kuta - Banjar Taman	Non Lintas	5,47	K1
12.	Denpasar - Tuban	Non Lintas	10,78	A
13.	Simp. Kuta - Tugu Ngurah Rai	Jalan Lintas Selatan	2,73	A
14.	Sp. Lap. Terbang (Dps) - Tugu Ngurah Rai	Jalan Lintas Selatan	0,35	A

Sumber: Dinas Perhubungan Provinsi Bali, 2011

Tabel 5.
Jumlah Lalu Lintas Kendaraan di Kota Denpasar

No.	Jenis Kendaraan	Gol	Jumlah Kendaraan (kend/jam)
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	1	1.199
2.	Mobil penumpang (<i>station wagon</i> dan sedan)	2	462
3.	Opelet, suburban, combi, dan minibus	3	209
4.	<i>Pick-up</i> , <i>micro truck</i> , dan mobil hantaran	4	173
5.	Bus kecil	5A	6
6.	Bus besar	5B	10
7.	Truk ringan 2 sumbu	6A	28
8.	Truk sedang 2 sumbu	6B	38
9.	Truk 3 sumbu	7A	4
10.	Truk gandengan	7B	2
11.	Truk semi trailer	7C	3
12.	Non Kendaraan Bermotor	8	18

Sumber: Hasil Survei, 2012

Berdasarkan hasil survei LHR yang dilakukan tersebut, sepeda motor dan mobil penumpang merupakan jenis kendaraan

bermotor terbanyak di Kota Denpasar. Lalu lintas harian rata-rata sepeda motor sebanyak 1.199 kendaraan per jam,

sedangkan mobil penumpang sebanyak 462 kendaraan per jam. Selain kendaraan bermotor, terdapat juga non kendaraan bermotor dengan LHR sebanyak 18 kendaraan per jam.

B. Perhitungan Emisi CO₂ dengan Faktor Emisi (FE) IPCC 1996

Dalam perhitungan emisi CO₂ di Kota Denpasar, data yang dibutuhkan adalah data jumlah kendaraan rata-rata per jam (kend/jam), faktor emisi (g/l) dan konsumsi bahan bakar (liter/km).

Sebagai contoh:

Jumlah rata-rata sepeda motor (n) di Kota Denpasar adalah 1.199 kend/jam.

Faktor emisi (FE) untuk kendaraan berbahan bakar premium IPCC 1996 adalah 2.597,86.

Konsumsi BBM spesifik untuk sepeda motor adalah 2,66 liter per 100 km atau 0,0266 liter per km, maka emisi karbon rata-rata untuk jenis kendaraan sepeda motor adalah:

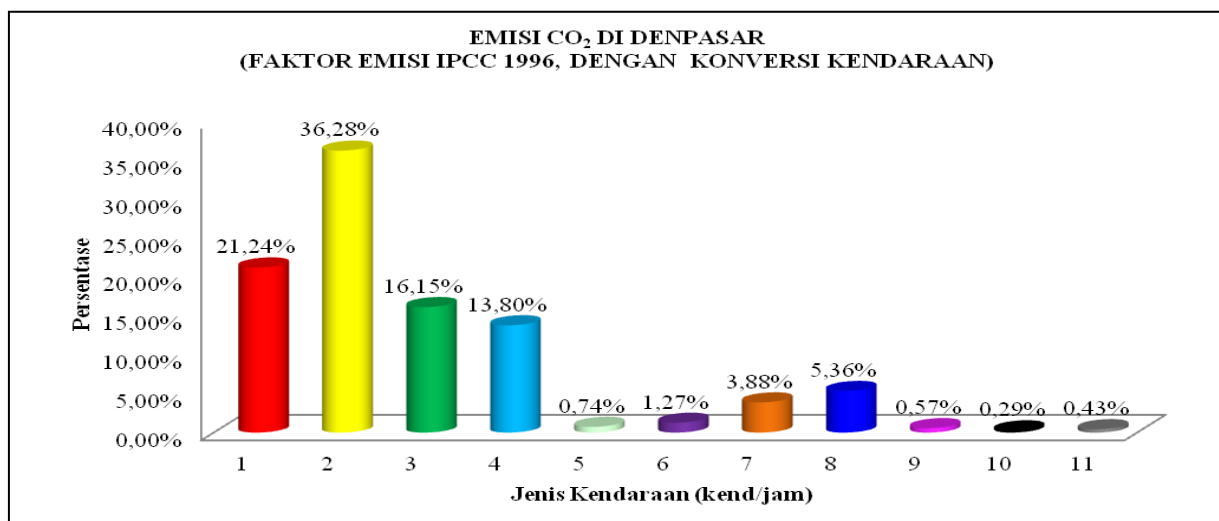
$$\begin{aligned} E &= 1.199 \text{ kend/jam} \times 2.597,86 \text{ g/liter} \times \\ & \quad 0,0266 \text{ liter/km} \\ &= 82.854,59 \text{ g/jam.km} \\ &= 30,82 \text{ kg/jam.km} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lain dapat dilakukan dengan menggunakan rumus tersebut untuk jumlah kendaraan yang tidak dikonversi, dengan menggunakan faktor emisi IPCC 1996.

Tabel 6.
Perhitungan Emisi CO₂ di Kota Denpasar Tanpa Konversi Kendaraan (Kendaraan/Jam) dan Faktor Emisi IPCC 1996 (G/Liter)

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (kend/jam)	Jenis BBM	Faktor Emisi CO ₂ IPCC 1996 (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (liter/100km)	Konsumsi Energi Spesifik (liter/km)	Emisi CO ₂ Rata-rata (Kg/jam.km)	Emisi CO ₂ Rata-rata (kg/jam.km)	%
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	1.199	Premium	2.597,86	2,66	0,0266	82.854,59	82,85	21,24%
2.	Mobil penumpang (station wagon dan sedan)	462	Premium	2.597,86	11,79	0,1179	141.504,91	141,50	36,28%
3.	Opelet, suburban, combi, dan minibus	209	Premium	2.597,86	11,60	0,1160	62.982,52	62,98	16,15%
4.	Pick-up, micro truck, dan mobil hantaran	173	Solar	2.924,90	10,64	0,1064	53.839,22	53,84	13,80%
5.	Bus kecil	6	Solar	2.924,90	16,50	0,1650	2.895,65	2,90	0,74%
6.	Bus besar	10	Solar	2.924,90	16,89	0,1689	4.940,16	4,94	1,27%
7.	Truck ringan 2 sumbu	28	Solar	2.924,90	18,50	0,1850	15.150,98	15,15	3,88%
8.	Truck sedang 2 sumbu	38	Solar	2.924,90	18,80	0,1880	20.895,49	20,90	5,36%
9.	Truk 3 sumbu	4	Solar	2.924,90	19,00	0,1900	2.222,92	2,22	0,57%
10.	Truk gandengan	2	Solar	2.924,90	19,10	0,1910	1.117,31	1,12	0,29%
11.	Truk semi trailer	3	Solar	2.924,90	19,20	0,1920	1.684,74	1,68	0,43%
Total		2.134					390.088,49	390,09	100%

Sumber: Hasil Analisis, 2012



Gambar 1.
Persentase Emisi CO₂ Pada Setiap Jenis Kendaraan Bermotor di Kota Denpasar Tanpa Konversi Kendaraan, FE IPCC, 1996.

Untuk hasil perhitungan jumlah kendaraan tidak dikonversi (kend/jam) dan faktor emisi yang digunakan IPCC 1996, emisi CO₂ rata-rata untuk setiap jenis kendaraan yang diamati di Kota Denpasar, dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Kendaraan golongan 1 (sepeda motor, skuter dan roda 3) menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 82,25 kg/jam.km atau sebesar 21,24% dari total emisi CO₂ di Kota Denpasar yang disebabkan oleh kendaraan bermotor.
2. Kendaraan golongan 2 atau mobil penumpang (*station wagon*, dan sedan) menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 141,50 kg/jam.km atau sebesar 36,28%.
3. Kendaraan golongan 3 atau opelet, minibus, combi telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 62,98 kg/jam.km atau sebesar 16,15%.
4. Kendaraan golongan 4 (*pick up*, *micro truck*, dan mobil hantaran) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 53,84 kg/jam.km atau sebesar 13,80%.
5. Kendaraan golongan 5A (bus kecil) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 2,90 kg/jam.km atau sebesar 0,74%.
6. Kendaraan golongan 5B (bus besar) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata di sebanyak 4,94 kg/jam.km atau sebesar 1,27%.

7. Kendaraan golongan 6A (truk ringan 2 sumbu) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 15,15 kg/jam.km atau sebesar 3,88%.
8. Kendaraan golongan 6B (truk sedang 2 sumbu) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 20,90 kg/jam.km atau sebesar 5,36%.
9. Kendaraan golongan 7A (truk 3 sumbu) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 2,22 kg/jam.km atau sebesar 0,57%.
10. Kendaraan golongan 7B (truk gandengan) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 1,12 kg/jam.km atau sebesar 0,29%.
11. Kendaraan golongan 7C (truk semi trailer) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 1,68 kg/jam.km atau sebesar 0,43%.

Total Emisi CO₂ rata-rata di Kota Denpasar pada tahun 2012, berdasarkan data LHR 2011 tanpa konversi kendaraan di 14 ruas jalan, dan survei penggunaan BBM 2012, dengan FE IPCC 1996 yang disebabkan oleh kendaraan bermotor adalah sebanyak 390,09 kg/jam.km. Jenis kendaraan yang berkontribusi terbanyak terhadap emisi CO₂ adalah mobil penumpang dan jenis sepeda motor. Selanjutnya dilakukan perhitungan emisi total CO₂ dengan satuan ton/tahun, untuk panjang jalan yang disurvei maupun untuk panjang jalan total di Kota Denpasar.

Tabel 7.
Perhitungan Emisi CO₂ Total di Kota Denpasar Tanpa Konversi Kendaraan (Kendaraan/Jam) dan Faktor Emisi IPCC 1996 (G/Liter)

No.	Ruas Jalan	Panjang Jalan (km)	Emisi CO ₂ Rata-rata (kg/jam.km)	Emisi CO ₂ (kg/jam)	Emisi CO ₂ (ton/jam)	Emisi CO ₂ (ton/tahun)
1.	Ruas jalan yang disurvei	46,50	390,09	18.139,19	18,14	26.483,21
2.	Ruas jalan total	648,49	390,09	252.969,46	252,97	369.335,42

Sumber: Hasil Analisis, 2012

Untuk panjang jalan yang disurvei yaitu sepanjang 46,50 km, dengan perhitungan tanpa konversi kendaraan, dan FE IPCC 1996, emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 26.483,21 ton/tahun. Sedangkan untuk panjang jalan total di Kota Denpasar sepanjang 648,49 km menimbulkan emisi CO₂ tahun 2011 diperkirakan sebanyak 369.335,42 ton/tahun.

C. Perhitungan Emisi CO₂ dengan Faktor Emisi (FE) Lokal 2011

Dalam perhitungan emisi CO₂ di Kota Denpasar, data yang dibutuhkan adalah data jumlah kendaraan rata-rata per jam (kend/jam), faktor emisi (g/l) dan konsumsi bahan bakar (liter/km).

Sebagai contoh: jumlah rata-rata sepeda motor (n) di Kota Denpasar adalah 1.199 kend/jam. Faktor emisi (FE) lokal untuk kendaraan berbahan bakar premium adalah 2003,40 g/liter. Konsumsi BBM spesifik untuk sepeda motor di Kota Denpasar adalah 2,66 liter per 100 km atau 0,0266 liter per km, maka emisi CO₂ rata-rata untuk jenis kendaraan sepeda motor adalah:

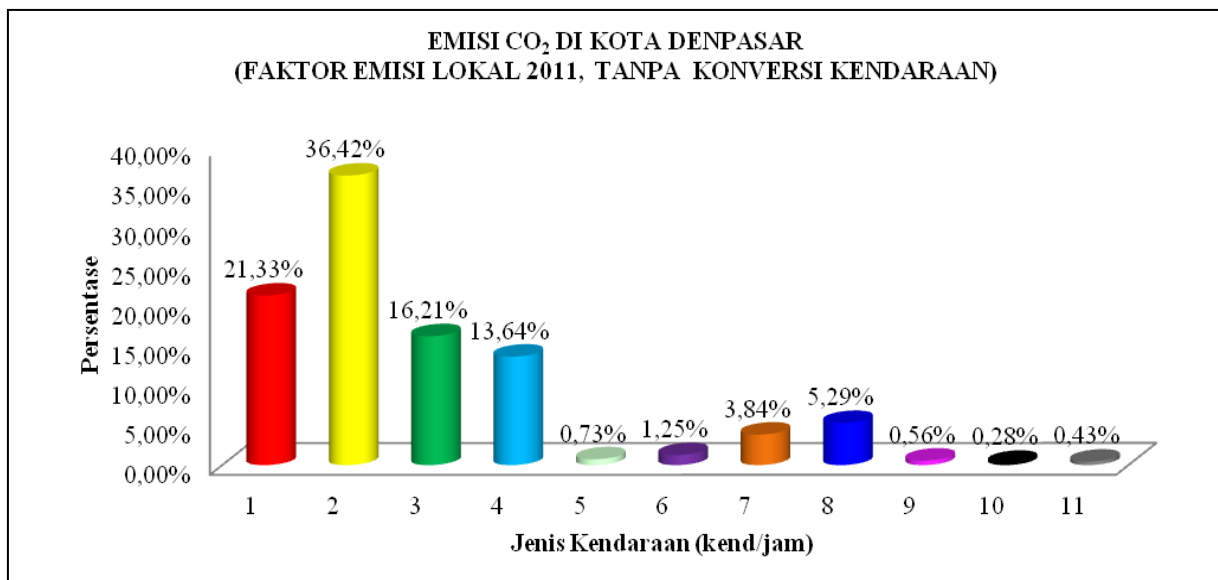
$$\begin{aligned}
 E &= 1.199 \text{ kend/jam} \times 2003,40 \text{ g/liter} \times \\
 &\quad 0,0266 \text{ liter/km} \\
 &= 63.895,24 \text{ g/jam.Km} \\
 &= 63,90 \text{ kg/jam.km}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan lain dapat dilakukan dengan menggunakan rumus tersebut untuk jumlah kendaraan yang tidak dikonversi, dengan menggunakan faktor emisi lokal 2011.

Tabel 8.
Perhitungan Emisi CO₂ di Kota Denpasar Tanpa Konversi Kendaraan (Kendaraan/Jam) dan Faktor Emisi Lokal 2011 (G/Liter)

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan (kend/jam)	Jenis BBM	Faktor Emisi CO ₂ Lokal 2011 (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (liter/100km)	Konsumsi Energi Spesifik (liter/km)	Emisi CO ₂ Rata-rata (Kg/jam.km)	Emisi CO ₂ Rata-rata (kg/jam.km)	%
1.	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	1.199	Premium	2.003,40	2,66	0,0266	63.895,24	63,90	21,33%
2.	Mobil penumpang (<i>station wagon</i> dan sedan)	462	Premium	2.003,40	11,79	0,1179	109.124,80	109,12	36,42%
3.	Opelet, suburban, combi, dan minibus	209	Premium	2.003,40	11,60	0,1160	48.570,43	48,57	16,21%
4.	<i>Pick-up, micro truck</i> , dan mobil hantaran	173	Solar	2.220,40	10,64	0,1064	40.871,35	40,87	13,64%
5.	Bus kecil	6	Solar	2.220,40	16,50	0,1650	2.198,20	2,20	0,73%
6.	Bus besar	10	Solar	2.220,40	16,89	0,1689	3.750,26	3,75	1,25%
7.	Truk ringan 2 sumbu	28	Solar	2.220,40	18,50	0,1850	11.501,67	11,50	3,84%
8.	Truk sedang 2 sumbu	38	Solar	2.220,40	18,80	0,1880	15.862,54	15,86	5,29%
9.	Truk 3 sumbu	4	Solar	2.220,40	19,00	0,1900	1.687,50	1,69	0,56%
10.	Truk gandengan	2	Solar	2.220,40	19,10	0,1910	848,19	0,85	0,28%
11.	Truk semi trailer	3	Solar	2.220,40	19,20	0,1920	1.278,95	1,28	0,43%
Total		2.134					299.589,12	299,59	100%

Sumber: Hasil Analisis, 2012



Gambar 2.
Persentase Emisi CO₂ Pada Setiap Jenis Kendaraan Bermotor di Kota Denpasar Tanpa Konversi Kendaraan, FE Lokal 2011.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dimana jumlah kendaraan tidak dikonversi (kend/jam) dan faktor emisi yang digunakan FE Lokal 2011, emisi CO₂ rata-rata di Denpasar dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Kendaraan golongan 1 (sepeda motor, skuter dan roda 3) menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 63,90 kg/jam.km atau sebesar 21,33% dari total emisi CO₂ di Kota Denpasar

- yang disebabkan oleh kendaraan bermotor.
- Kendaraan golongan 2 atau mobil penumpang (*station wagon*, dan sedan) menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) di Kota Denpasar sebanyak 109,12 kg/jam.km atau sebesar 36,42%.
 - Kendaraan golongan 3 atau opelet, minibus, combi telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 48,57 kg/jam.km atau sebesar 16,21%.
 - Kendaraan golongan 4 (*pick up*, *micro truck*, dan mobil hantaran) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) di Kota Denpasar sebanyak 40,87 kg/jam.km atau sebesar 13,64%.
 - Kendaraan golongan 5A (bus kecil) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 2,20 kg/jam.km atau sebesar 0,73%.
 - Kendaraan golongan 5B (bus besar) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 3,75 kg/jam.km atau sebesar 1,25%.
 - Kendaraan golongan 6A (truk ringan 2 sumbu) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 11,50 kg/jam.km atau sebesar 3,84%.
 - Kendaraan golongan 6B (truk sedang 2 sumbu) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 15,86 kg/jam.km atau sebesar 5,29%.
 - Kendaraan golongan 7A (truk 3 sumbu) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 1,69 kg/jam.km atau sebesar 0,56%.
 - Kendaraan golongan 7B (truk gandengan) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 0,85 kg/jam.km atau sebesar 0,28%.
 - Kendaraan golongan 7C (truk semi trailer) telah menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) rata-rata sebanyak 1,28 kg/jam.km atau sebesar 0,43%.
- Total Emisi CO₂ rata-rata Kota Denpasar pada tahun 2012, berdasarkan data LHR 2011 tanpa konversi kendaraan di 14 ruas jalan, dan survei penggunaan BBM 2012, dengan FE Lokal 2011 yang disebabkan oleh kendaraan bermotor adalah sebanyak 245,08 kg/jam.km. Jenis kendaraan yang berkontribusi terbanyak terhadap emisi CO₂ adalah mobil penumpang dan sepeda motor. Selanjutnya dilakukan perhitungan emisi total CO₂ dengan satuan ton/tahun, untuk panjang jalan yang disurvei maupun untuk panjang jalan total di Kota Denpasar.

Tabel 8.
Perhitungan Emisi Co2 Di Kota Denpasar Tanpa Konversi Kendaraan (Kendaraan/Jam) dan Faktor Emisi Lokal 2011 (G/Liter)

No.	Ruas Jalan	Panjang Jalan (km)	Emisi CO ₂ Rata-rata (kg/jam.km)	Emisi CO ₂ (kg/jam)	Emisi CO ₂ (ton/jam)	Emisi CO ₂ (ton/tahun)
1.	Ruas jalan yang disurvei	46,50	299,59	13.930,94	13,93	20.339,17
2.	Ruas jalan total	648,49	299,59	194.281,12	194,28	283.650,43

Sumber: Hasil Analisis, 2012

Untuk panjang jalan yang disurvei yaitu sepanjang 46,50 km, perhitungan tanpa konversi kendaraan dengan FE Lokal 2011, emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 20.339,17 ton/tahun. Sedangkan untuk panjang jalan total di Kota Denpasar sepanjang 648,49 km menimbulkan emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 283.650,43 ton/tahun.

KESIMPULAN

Total Emisi CO₂ rata-rata di Kota Denpasar pada tahun 2012, berdasarkan data LHR 2011 tanpa konversi kendaraan di 14 ruas jalan, dan survei penggunaan BBM 2012, dengan faktor emisi (FE) IPCC 1996 yang disebabkan oleh kendaraan

bermotor adalah sebanyak 390,09 kg/jam.km. Jenis kendaraan yang berkontribusi terbanyak terhadap emisi CO₂ adalah mobil penumpang dan jenis sepeda motor. Untuk panjang jalan yang disurvei yaitu sepanjang 46,50 km, dengan perhitungan tanpa konversi kendaraan, dan FE IPCC 1996, emisi CO₂ tahun 2011 yang disebabkan oleh kendaraan bermotor adalah sebanyak 26.483,21 ton/tahun. Sedangkan untuk panjang jalan total di Kota Denpasar 648,49 km menimbulkan emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 369.335,42 ton/tahun. Total emisi CO₂ rata-rata Kota Denpasar pada tahun 2012, berdasarkan data LHR 2011 tanpa konversi kendaraan di 14 ruas jalan, dan survei penggunaan BBM 2012, dengan FE Lokal 2011 yang

disebabkan oleh kendaraan bermotor adalah sebanyak 245,08 kg/jam.km. Jenis kendaraan yang berkontribusi terbanyak terhadap emisi CO₂ adalah mobil penumpang dan sepeda motor. Untuk panjang jalan yang disurvei yaitu sepanjang 46,50 km, perhitungan tanpa konversi kendaraan dengan FE Lokal 2011, emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 20.339,17 ton/tahun. Sedangkan untuk panjang jalan total di Kota Denpasar sepanjang 648,49 km menimbulkan emisi CO₂ tahun 2011 sebanyak 283.650,43 ton/tahun.

SARAN

Pengurangan emisi CO₂ yang berdampak pada pemanasan global tidak bisa hanya dilakukan oleh pemerintah daerah tetapi harus melibatkan instansi/ lembaga terkait, produsen, masyarakat dan pihak-pihak terkait lainnya di Kota Denpasar yang berperan serta dalam transportasi jalan.

Upaya yang dilakukan harus saling bersinergi, sehingga akan berdampak signifikan pada pengurangan emisi CO₂. Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini, dapat kita ketahui bahwa penyumbang terbesar emisi CO₂ adalah kendaraan jenis penumpang golongan 2 dan 3, hal ini dikarenakan jumlah populasinya di Kota Denpasar paling banyak dan LHR-nya juga cukup tinggi. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melibatkan produsen dan masyarakat antara lain:

1. Pengurangan penggunaan kendaraan pribadi dengan meningkatkan penyediaan angkutan umum massal dengan bahan bakar yang ramah lingkungan.
2. Mendorong masyarakat untuk menggunakan kendaraan yang ramah lingkungan atau *zero emission* dengan membudayakan penggunaan sepeda atau sepeda digital terutama untuk mobilitas jarak dekat atau dijadikan sebagai *feeder* angkutan umum massal.
3. Menyediakan *park and ride* untuk kendaraan non sepeda motor, dan mengurangi *park and ride* untuk kendaraan bermotor.
4. Trotoar, *park and ride*, yang ada atau yang akan dibangun, harus dilengkapi dengan taman hijau yang mampu menyerap CO₂, karena satu pohon bisa menyerap CO₂ sampai dengan 45 kg/jam per pohon, sehingga dapat mengurangi emisi CO₂.
5. Mendorong masyarakat melalui sosialisasi untuk melakukan pemeriksaan, perawatan dan uji emisi kendaraannya secara berkala agar pembakaran mesin kendaraannya tidak menimbulkan emisi yang tinggi.

Sesuai dengan Perpres 61 Tahun 2011 tentang RAN-GRK bidang transportasi darat upaya yang dilakukan seperti pelatihan *smart driving*, pembangunan *intelligent transport system* (ITS), pengendalian dampak lalu lintas, manajemen parkir, *congestion charging*, reformasi sistem transit melalui operasional *bus rapid transit* (BRT), peremajaan angkutan umum, pemasangan *converter kit*, pembangunan jalur sepeda motor, *car free day*, pembangunan kawasan *non-motorized* harus menjadi program yang berkelanjutan dan dipantau pelaksanaannya secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Badan Litbang Perhubungan, Kepala Pusat Litbang Perhubungan Darat dan Perkeretaapian, Dinas Perhubungan Provinsi Bali, Dinas Perhubungan Kota Denpasar, staf dan peneliti di lingkungan Pusat Litbang Perhubungan Darat dan Perkeretaapian yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aube, F. 2001. *Guide for Computing CO₂ Emission Related to Energy Use*. Research Scientist. USA: CANMET Energy Diversification Research Laboratory.
- Boedisantoso, etc. 2011. *Kajian Emisi CO₂ Menggunakan Persamaan Mobile 6 dan Mobile Combustion Dari Sektor Transportasi di Kota Surabaya*. Surabaya: ITS.
- Department of Health Indonesia and World Health Organization. 2008. *Presentation of Study: Establishment of Sentinel Sites for Special Surveillance of TB Mortality (Phase 1)*. Unpublished.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile Combustion*.
- Karlo Manik etc. 2012. *Cara Penyusunan RAD-GRK Sektor Transportasi Darat*. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat. Kementerian Perhubungan. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2011. *Indonesia Fuel Quality Monitoring 2011*. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2009. *Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Angka 2009*. Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup RI. 2009. *Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta.

Pemerintah Republik Indonesia. 2011. Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Jakarta.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2008. *Pedoman Pelaksanaan Pemeriksaan Emisi dan Perawatan Kendaraan Bermotor*. Jakarta.