

PENGARUH EMISI CO₂ DARI SEKTOR PERUMAHAN PERKOTAAN TERHADAP KUALITAS LINGKUNGAN GLOBAL

Oleh:

Siti Zubaidah Kurdi

Pusat Litbang Permukiman Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan Kab.-Bandung 40393

E-mail: zkurdi@bdg.centrin.net.id

Tanggal masuk naskah : 18 Desember 2007, Tanggal revisi terakhir: 03 September 2008

Abstrak

Pembangunan perumahan telah menyumbang emisi gas rumah kaca khususnya gas CO₂ dalam jumlah yang cukup besar. Emisi CO₂ yang ditimbulkan secara langsung maupun tidak langsung antara lain berasal dari energi yang digunakan untuk berbagai aktivitas yang dapat dikelompokkan dalam aktivitas domestik, transportasi, limbah padat dan cair dan bahan bangunan untuk hunian dan sarana dan prasarana lingkungan. Perubahan alih fungsi lahan juga berpengaruh terhadap timbulan gas CO₂. Pepohonan, kawasan hijau dan badan air berfungsi negatif terhadap CO₂ karena berfungsi sebagai zink gas tersebut. Pengembangan rumah melebihi Koefisien Dasar Bangunan (KDB) menurunkan kenyamanan lingkungan dan meningkatkan emisi CO₂. Tulisan ini membahas jumlah emisi CO₂ yang ditimbulkan oleh pembangunan suatu lingkungan perumahan perkotaan. Metoda analisis deskriptif dan eksploratif digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penentu emisi CO₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin banyak rumah yang dikembangkan makin banyak gas yang teremisikan. Emisi gas CO₂ terbesar berasal dari energi listrik yang digunakan untuk kegiatan domestik. Kenyamanan lingkungan perumahan akan dicapai apabila dapat terjadi keseimbangan antara gas yang timbul dan daya serap lingkungan. Salah satu usaha penurunan emisi CO₂ dapat dilakukan melalui perencanaan dan perancangan bangunan dan kawasan.

Kata kunci: *emisi karbondioksida, pemanasan global, perkotaan, perumahan dan permukiman*

Abstract

Housing construction contributes CO₂ in a significant amount. The direct and indirect emission of this gass draw from domestic activity, transportation, liquid and hard waste and building material for houses and infrastructure. Land conversion is also generates the CO₂. However, plans, greeneries and water bodies are the CO₂ sinks. A house that is extented over the standard of building coverage will degrade the environment, since the living areas become inconvinience and increase the CO₂ emission. This paper discusses the amount of CO₂ emitted from urban housing construction. Descriptive and explotative are the methodes that utilized to identify determinant factors of CO₂ emission. The result shows that the more new houses the more CO₂ will be emited. The most emission derives from electricity needed for domestic activities. Better living environment can be generate if we can create a balance condition between the gasses producer and the absorber. Planning and design of housing, settlement areas and other land purposes are considered to be the tools to reduce CO₂ emission.

Keywords: *carbondioxide emission, global warming, urban areas, housing and settlements*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan kenaikan temperatur udara secara global akibat Gas Rumah Kaca (GRK) adalah sebuah fenomena yang secara luas dimengerti dapat berpengaruh pada kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Gas Rumah Kaca antara lain terdiri dari CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆ dan uap air. Volume gas CO₂ di dalam GRK menempati urutan kedua setelah uap air. Gas CO₂ merupakan gas penyebab terpenting efek rumah kaca yang umumnya dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil untuk transportasi, memasak, pembangkit listrik, industri, dll. Aktivitas peternakan, pertanian, kehutanan, dan perubahan tata guna lahan juga menjadi sumber lain dari GRK. Dalam Protokol Kyoto telah dibuat kesepakatan antar negara-negara yang peduli dengan lingkungan untuk menjaga laju penambahan konsentrasi emisi GRK khususnya CO₂ dan gas-gas lain bahwa sebelum tahun 2012 jumlah emisi CO₂ total perlu dikurangi sebesar 5,2 persen dari jumlah pada tahun 1990.

Perkembangan kegiatan manusia atau antropogenik telah meningkatkan jumlah emisi CO₂ yang diakibatkan oleh banyaknya jumlah bahan bakar yang digunakan secara langsung maupun tidak langsung. Pada tahun 2002, The Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC) mengeluarkan The Third Assessment Report yang menyatakan bahwa pemanasan global disebabkan oleh ulah manusia, dan diperkirakan akan terjadi peningkatan suhu global antara 1,4 sampai 5,8 derajat celsius pada abad ini. Hal ini berdasarkan pada bukti baru dan kuat hasil pengamatan selama lima puluh tahun terakhir.

Meningkatnya suhu dan pencemaran udara banyak mengakibatkan perubahan

pada ekosistem perkotaan. Kehadiran zat-zat pencemar di udara dapat tersebar meluas dan terkumpul dalam berbagai konsentrasi di suatu tempat yang merupakan hasil pengaruh berbagai faktor yaitu sumber emisi, karakteristik zat, kondisi meteorologi, klimatologi, topografi dan geografi (Sudomo, 1999).

Aktivitas manusia berkaitan erat dengan energi yang dapat bersumber dari apa saja. Makin banyak aktivitas yang dilakukan manusia makin besar jumlah energi yang dibutuhkan. Energi sangat berperan dalam kehidupan manusia. Penggunaan energi yang berlebihan mempunyai dampak negatif yaitu meningkatkan jumlah emisi CO₂. Menurut para ahli, emisi CO₂ yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Kejadian yang telah terasa saat ini adalah bergesernya siklus musim dan meningkatnya panas bumi.

Tulisan ini membahas tentang besaran faktor-faktor perumahan perkotaan yang berpengaruh terhadap emisi CO₂. Pembahasan ini dimaksudkan sebagai rona awal yang dapat digunakan sebagai penelitian selanjutnya yaitu mencari alternatif perencanaan dan perancangan perumahan rendah emisi CO₂ sekaligus juga hemat energi. Diharapkan pembahasan ini dapat menggambarkan problem lingkungan di sektor perumahan dan permukiman yang dihadapi kawasan perkotaan di Indonesia dan upaya yang mungkin dilakukan sebagai kontribusi perbaikan lingkungan secara lokal yang dapat berdampak pada perubahan iklim global.

TINJAUAN PUSTAKA

- Perumahan dan emisi CO₂

Selain sebagai salah satu kebutuhan dasar manusia, perumahan dan permukiman berfungsi strategis di dalam mendukung terselenggaranya pendidikan dan upaya membangun manusia Indonesia seutuhnya. Pembangunan perumahan dan permukiman merupakan kegiatan yang diprogramkan sebagai bagian dari proses pembangunan berkelanjutan. sehingga perlu dukungan sumber daya alam dan sumber daya buatan yang tepat dan memadai.

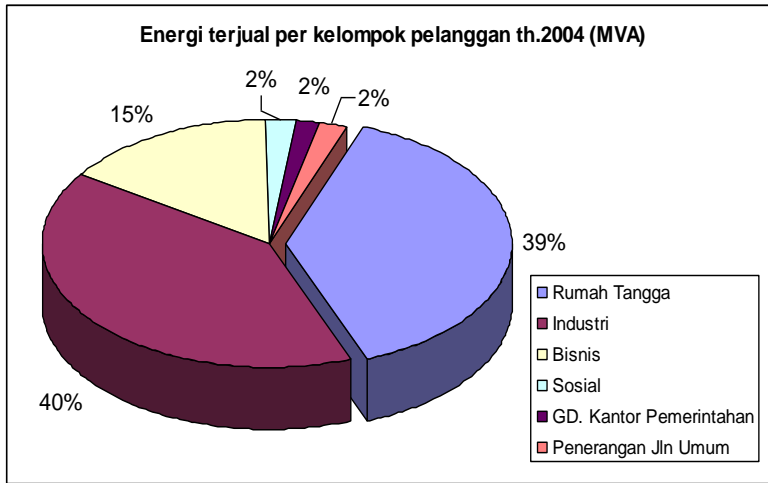
Perumahan dan permukiman yang ramah lingkungan telah menjadi utopia bersama. Masyarakat perkotaan cenderung menggunakan energi lebih banyak, sehingga akan mempercepat kerusakan lingkungan. Dalam rangka memberikan kontribusi terhadap Pemecahan Masalah Lingkungan Dunia di bidang perkotaan diperlukan adanya citra perkotaan masa depan abad 21 atau "future urban image-2100" di negara berkembang yang perencanaannya memperhatikan emisi CO₂.

Dalam rangka menunjang pembangunan berkelanjutan maka setiap perencanaan perumahan dan permukiman harus mempertimbangkan keseimbangan terpadu dalam memanfaatkan sumber daya yang ada dan terbatas dan

berbasis rendah emisi CO₂.

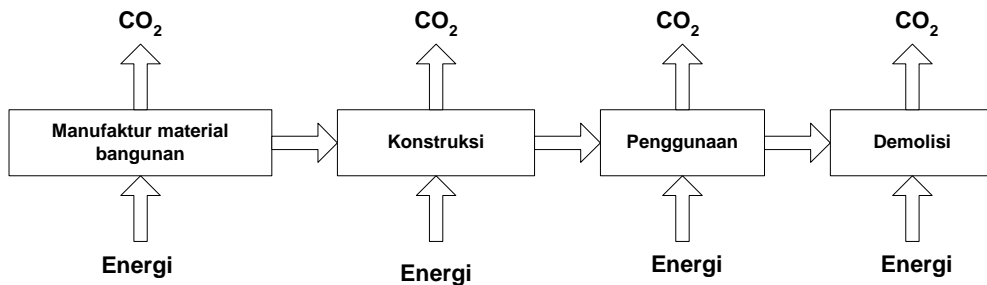
Penyediaan perumahan dan permukiman berdampak terhadap timbulan emisi CO₂. Hal ini terjadi mulai dari penyediaan lahan dimana terjadi peralihan fungsi lahan hijau karena pohon dan tetumbuhan menyerap CO₂ dan menghasilkan oksigen (Sabital Fahri: 2004). Menurut Sudomo (1999), masak memasak adalah aktivitas rumah tangga terpenting yang menimbulkan emisi zat pencemar. Lebih jauh, Gambar 1. memperlihatkan kondisi di Indonesia tahun 2004 dimana sekitar 39% dari emisi CO₂ total adalah akibat dari listrik untuk rumah tangga (Statistik PLN, 2003).

Industri konstruksi termasuk salah satu industri yang banyak mengkonsumsi energi dan menghasilkan emisi sehingga industri konstruksi perlu mendapat perhatian. Studi tentang estimasi emisi CO₂ pada bangunan rumah tinggal telah dilakukan oleh Seo dan Hwang (2001). Temuannya menunjukkan bahwa emisi CO₂ dihasilkan sejak tahap manufaktur bahan bangunan, pelaksanaan konstruksi, penggunaan bangunan oleh penghuni dan demolisi bangunan (Gambar 2). Hal ini diperkuat oleh Kobayashi (2004) yang mengemukakan bahwa 1/3 jumlah konsumsi energi di seluruh dunia dibutuhkan oleh sektor pembangunan baik perumahan maupun pekerjaan umum sipil.



Sumber: Statistik PLN 2005

Gambar 1. Komposisi Penggunaan Listrik untuk Berbagai Kegiatan



Sumber: Seo dan Hwang 2001

Gambar 2 Kalkulasi CO₂

Studi-studi di atas dapat menunjukkan besarnya kontribusi penyediaan perumahan dan permukiman. Untuk mengetahui besaran CO₂ pada tahap-tahap tersebut maka seyogyanya diketahui faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pada tulisan ini hal yang akan ditelaah dibatasi pada saat konstruksi dan penggunaan bangunan. Hal yang diperhitungkan pada saat konstruksi adalah jumlah bahan bangunan yang digunakan untuk lantai, dinding dan atap yang proses pembuatannya dilakukan dengan

pembakaran. Sedangkan pada tahap penghunian adalah memperhitungkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan sehari-hari di dalam rumah (domestik) dan transportasi untuk menunjang kegiatan di luar rumah.

- Sink dari CO₂

Pada dasarnya ada dua elemen utama yang dapat menurunkan CO₂ secara alami, yaitu penghijauan dan badan air seperti sungai atau danau. Penghijauan dapat berupa hutan kota, jalur hijau, taman kota, kebun dan halaman

berfungsi sebagai salah satu langkah pengendalian pencemaran udara ambien. Tanam-tanaman akan menyerap CO₂ dalam proses photosynthesis. Sedangkan kolam air atau danau dan sungai dapat mengabsorpsi CO₂ dan berfungsi sebagai bak pencucian (sink) yang besar.

Fungsi penghijauan di perumahan ditekankan sebagai penyerap CO₂, penghasil oksigen, penyerap polutan (logam berat, debu, belerang), peredam kebisingan, penahan angin dan peningkatan keindahan (PP RI No.63/2002). Adapun faktor faktor yang berpengaruh terhadap potensi reduksi zat pencemar dan adalah daerah hijau, jenis tanaman, kerimbunan dan ketinggian tanaman. Menurut Read (2001), penghijauan dunia dan tanah telah mampu menyerap sekitar 40% dari total CO₂ dari aktivitas manusia. Diperkirakan angka ini akan menurun drastis menjadi 25% pada tahun 2050 karena banyaknya praktek-praktek penyalahgunaan hutan dan pola bertani. Perkiraan kerugian yang harus ditanggung masyarakat Indonesia pada tahun 2070 akibat dampak perubahan iklim adalah 10 rupiah dari setiap 100 rupiah pendapatan penduduk Indonesia (Sari, 2001)

METODOLOGI

Sumber emisi yang diperhitungkan adalah emisi antropogenik, yaitu emisi CO₂ yang berkaitan dengan aktifitas manusia. Adapun emisi yang berasal dari kegiatan non-antropogenik misalnya respirasi tumbuhan tidak termasuk dalam lingkup kajian ini.

- Metoda Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di kawasan perkotaan yang saat ini dihuni oleh lebih

dari 60% penduduk. Perkotaan di Indonesia dapat dibagi dalam beberapa kelompok, salah satu pengelompokan membagi menjadi: kota kecil, kota menengah, kota besar dan kota metropolitan. Kota-kota yang relatif lebih mapan dan masih terlihat pertumbuhannya adalah kota-kota dalam kelompok kota menengah dan kota besar. Pendekatan induksi dipakai sebagai pertimbangan pemilihan 7 kota lokasi survei. Penentuan lokasi penelitian ditentukan berdasarkan beberapa aspek antara lain kelas, tingkat perkembangan ekonomi, bentuk geografis, aksesibilitas dan lokasi kota seperti pada Tabel 1. Tujuh kota yang dipilih sebagai lokasi survei dikelompokkan sebagai berikut:

- Kawasan tepi air: Cirebon, Semarang, Mataram, Makassar, Banjarmasin
- Kawasan bukan tepi air: Bandung dan Malang

Pengambilan data primer dilakukan di 13 kawasan perumahan perkotaan yang dibangun Perumnas dan kawasan lain yang karakter fisik dan sosial penghuninya setara. Data primer didapat melalui wawancara kepada penghuni rumah menggunakan kuesioner terstruktur ke rumah tangga yang meliputi karakteristik penghuni rumah, karakteristik bangunan (luas bangunan, jenis dan volume bahan yang dipakai), kapling (luas, tata ruang dalam kapling, Koefisien Dasar Bangunan), aktivitas domestik yang menggunakan energi (jumlah dan jenis) dan karakteristik pergerakan (tujuan, jarak, frekuensi, moda dan jumlah bahan bakar yang digunakan). Jumlah responden per lokasi survei dianggap cukup mewakili populasi penelitian yang karakteristiknya homogen. Pengamatan

lingkungan juga dilakukan untuk memnunjng analisi data.

Berdasarkan jumlah variabel yang akan dianalisis, jumlah populasi dan metoda analisis yang akan digunakan, maka jumlah sampel di setiap lokasi pengamatan ditentukan untuk masing-

masing kota adalah 100 responden. Jumlah responden per lokasi survei dianggap cukup mewakili populasi penelitian yang karakteristiknya homogen. Total responden adalah 700 dengan rincian seperti pada Tabel 2.

Tabel 1.
Karakteristik Kota Dari Beberapa Aspek

Kelompok kota	Tipe Kota					
	Berbatasan dengan air			Tidak berbatasan dengan air		
	Tingkat perkembangan			Tingkat perkembangan		
	Tinggi	Sedang	Rendah	Tinggi	Sedang	Rendah
Besar	Jakarta Surabaya Medan	Makassar Semarang Palembang		Bandung		
Menengah	Bekasi Batam	Padang Denpasar PekanBaru Menado Banjarmasin			Malang Bogor Palangkaraya Yogyakarta	
Kecil	Cirebon Mataram					

Tabel 2.
Lokasi Survei dan Jumlah Responden

Nama Kota	Nama Kawasan Perumahan	Jumlah Responden (rumah)
1. Bandung	- Perumnas Antapani - Perumnas Sarijadi	50 50
2. Cirebon	- Komplek Griya Sunyaragi Permai - Perumnas Gunung	50 50
3. Semarang	- Kompleks Plamongan Indah - Perumnas Banyumanik	50 50
4. Malang	- Perumnas Sawojajar	100
5. Mataram	- Perumahan Sweta Indah - Perumnas Pagutan Permai	50 50
6. Makassar	- Perumnas Panakkukang - Kompleks Bumi Tamalanrea Permai	50 50
7. Banjarmasin	- Perumnas Beruntung Jaya - Perumahan HKS	50 50
Total:responden		700

- Metoda analisis

Untuk mengetahui pengaruh emisi CO₂, alat analisis yang akan dipergunakan adalah SPSS dengan analisis frekwensi dan deskripsi.

DATA DAN PEMBAHASAN

Data hasil wawancara menggunakan kuesioner terstruktur dikelompokan berdasarkan kesamaan sifat dalam 4

variabel utama yang masing-masing terdiri dari variabel turunan yaitu:

1. Kegiatan domestik
 - a) Emisi CO₂ dari pemakaian listrik (kg/tahun)
 - b) Emisi CO₂ dari kegiatan memasak (kg/tahun)
2. Transportasi
 - a) Emisi CO₂ dari pemakaian bensin (kg/tahun)
 - b) Emisi CO₂ dari pemakaian solar (kg/tahun)
3. Bahan bangunan

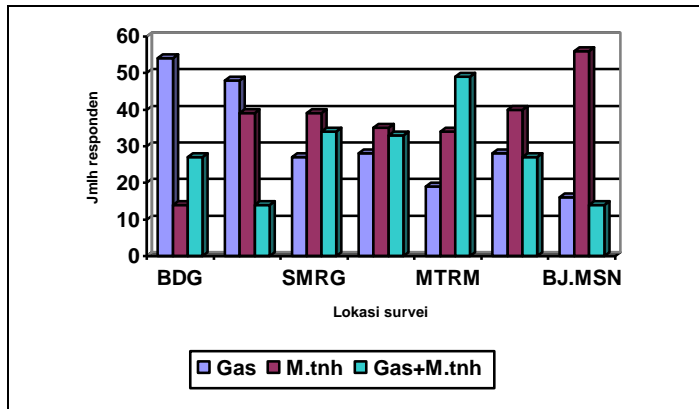
- a) Emisi CO₂ dari ubin keramik (Kg/thn)
- b) Emisi CO₂ dari bata (Kg/thn)
- c) Emisi CO₂ dari genteng keramik (Kg/thn)
4. Penghijauan
 Dari 4 kelompok variabel, kelompok 1 sampai dengan 3 berhubungan langsung dengan jumlah emisi CO₂, sedangkan kelompok 4 merupakan variabel penyerap emisi CO₂. seperti pada Tabel 3. Ke 4 kelompok variabel ini terdiri dari 7 variabel turunan.

Tabel 3.
Jenis variabel

Kalompok variabel	Variabel utama	Variabel turunan
Keg. domestik	1. Emisi CO ₂ dari pemakaian listrik (kg/tahun)	- Biaya rata-rata per bulan (Rp) - Jumlah pemakaian per bulan (KWH) - peralatan elektronik yang digunakan
	2. Emisi CO ₂ dari kegiatan memasak (kg/tahun)	- jenis bahan bakar - jumlah pemakaian bahan bakar per bulan
Transportasi	Emisi CO ₂ dari biaya untuk perjalanan dan untuk membeli bensin (kg/tahun)	- tempat tujuan - jarak tempuh - moda transport yang dipakai - kendaraan yang dimiliki - frekwensi pemakaian - biaya untuk bahan bakar per bulan
Bahan bangunan	1. Emisi CO ₂ dari ubin keramik (Kg/thn)	- luas lantai - jenis penutup lantai
	2. Emisi CO ₂ dari bata (Kg/thn)	- luas dinding - luas bukaan - bahan dinding
	3. Emisi CO ₂ dari genteng keramik (Kg/thn)	- luas atap - bahan struktur atap - bahan penutup atap
Penghijauan	Luas ruang terbuka hijau (M ²)	- luas ruang terbuka - luas perkerasan - jenis tanaman/perdu

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis bahan bakar untuk kegiatan memasak yang dominan digunakan oleh masyarakat yang tinggal di perumahan

perumnas secara berurutan adalah gas, minyak tanah dan gabungan antara gas dan minyak tanah seperti pada Gambar 3



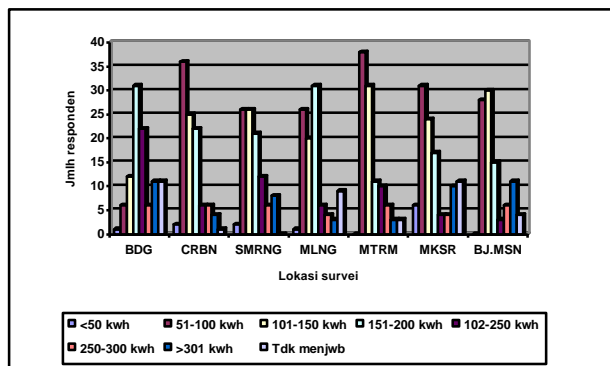
Sumber: hasil perhitungan

Gambar 3. Jenis Bahan Bakar untuk Kegiatan Domestik Memasak

Variasi jumlah energi listrik yang digunakan di tiap rumah tangga yang dominan berkisar antara 51-100 kwh per bulan ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik ini menunjukkan adanya penggunaan energi listrik di dalam bangunan yang cukup efisien. Menurut artikel *Tarif Listrik Progresif Pelanggan PLN Mulai Berlaku*

<http://www.dexton.adexindo.com/artikel-tarif-pln.html>), pelanggan dengan daya 900 VA mempunyai batas maksimum pemakaian insentif sebesar 92 kwh per bulan. Apabila pemakaian per bulan melebihi 92 kwh maka dikategorikan sebagai pelanggan disinsentif dan akan dikenakan tarif lebih mahal.

Untuk responden di Bandung dan Malang pemakaian listrik lebih banyak di bandingkan kota-kota lainnya. Sumber energi listrik di Indonesia menggunakan 3 jenis sumber yaitu batubara, LPG dan gas. Berdasarkan data dari Departemen ESDM, masing-masing bahan menimbulkan emisi karbon sebesar 26,2 ton C per Joule, 17,2 ton C per Joule dan 15,3 ton C per Joule. Sebagian besar sumber energi di pembangkit listrik berasal dari batubara, sehingga juga berarti bahwa emisi CO₂ yang ditimbulkan oleh pembangkit listrik juga besar.



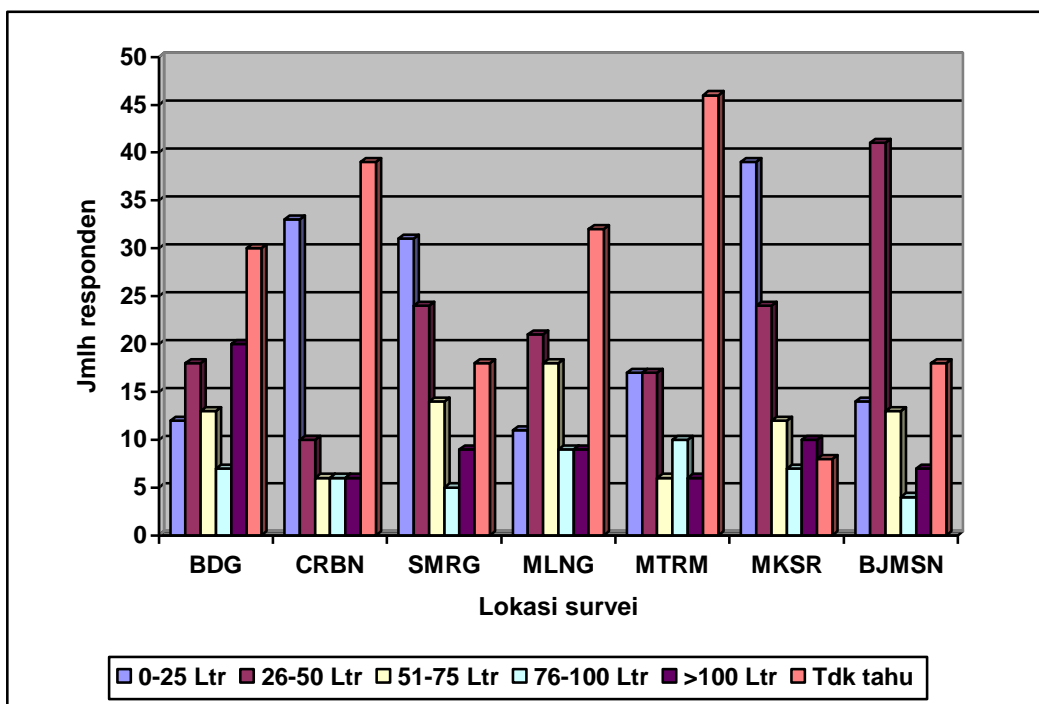
Sumber: hasil perhitungan

Gambar 4. Konsumsi Energi Listrik untuk Aktivitas Rumah Tangga

Gambar 5 menunjukkan penggunaan bensin untuk kegiatan sehari-hari ke tempat kerja, sekolah, belanja, dan rekreasi. Pemakaian bensin cukup rendah, di kota Cirebon, Semarang dan Makassar sebagian besar masyarakatnya mengeluarkan biaya untuk bensin berkisar antara 25 sampai 50 liter per bulan.

Berdasarkan perhitungan data lapangan dari 13 lokasi perumahan di 7 kota, total emisi CO₂ yang dihasilkan dari

pemakaian bahan bangunan untuk masing-masing komponen bangunan dapat dilihat pada Tabel 4. Angka total menunjukkan jumlah keseluruhan emisi CO₂ yang ditimbulkan akibat pembangunan rumah. Dengan asumsi bahwa usia bangunan Perum Perumnas direncanakan mencapai 15 tahun, maka jumlah emisi CO₂ per tahun dapat diketahui dengan cara membagi jumlah emisi total dengan 15 tahun (Gambar 6)



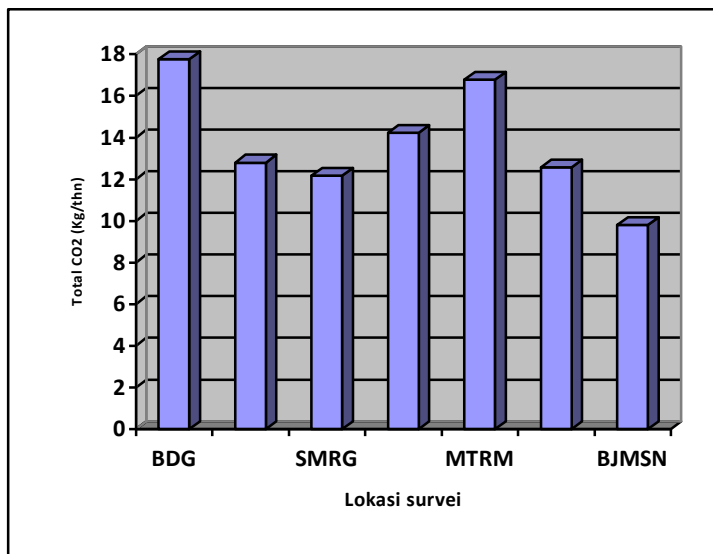
Sumber: hasil perhitungan

Gambar 5. Penggunaan Bensin untuk Transpotasi

Tabel 4.
Jumlah emisi CO₂ dari Komponen Lantai, Dinding dan Atap

No	Lokasi survei	Jumlah responden (rmh.tg)	Jumlah Emisi CO ₂ dari 3 komponen bangunan (Kg/15 thn)			Total CO ₂ (Kg/15thn)	Total CO ₂ (Kg/thn)
			Lantai	Dinding	Atap		
1.	Bandung	99	169.665	70.487	26.112	266.264	17.751
2.	Cirebon	100	110.188	59.621	22.114	191.923	12.795

No	Lokasi survei	Jumlah responden (rmh.tg)	Jumlah Emisi CO ₂ dari 3 komponen bangunan (Kg/15 thn)			Total CO ₂ (Kg/15thn)	Total CO ₂ (Kg/thn)
			Lantai	Dinding	Atap		
3.	Semarang	101	109.529	61.312	11.675	182.516	12.168
4.	Malang	100	121.340	70.623	21.426.	213.389	14.226
5.	Mataram	102	135.816	72.464	43.309	251.589	16.773
6.	Makassar	100	114.732	50.484	23.287	188.503	12.569
7.	Banjarmasin	97	90.677	46.064	10.294	147.035	9.802
	Total	699	851.948	431.055	158.218	1441.221	96.081



Sumber: hasil perhitungan

Gambar 6. Jumlah Emisi CO₂ dari Bahan Bangunan Tegel, Bata dan Genteng

- Ruang terbuka hijau sebagai sink CO₂

Komponen yang berperan positif dalam menurunkan jumlah emisi CO₂ adalah ruang terbuka hijau, sedangkan yang ditutup dengan perkerasan tidak berfungsi sebagai penyerap emisi CO₂. Menurut Tome, (2005), satu hektar daun-daun hijau dapat menyerap 8 kg CO₂ per jam yang setara dengan CO₂ yang dihembuskan manusia sebanyak

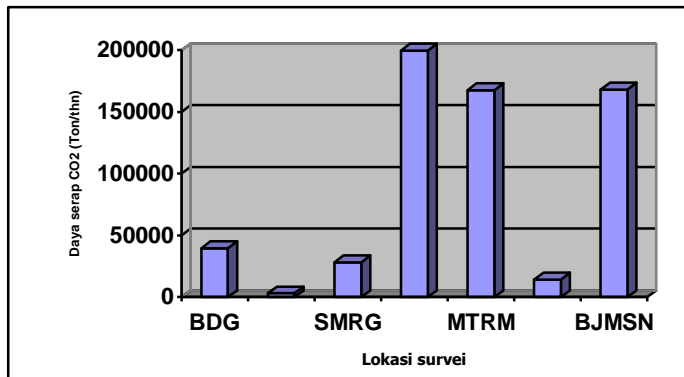
200 orang dalam waktu yang sama. Sementara satu hektar ruang terbuka hijau, mampu menghasilkan 0,6 ton oksigen guna dikonsumsi 1.500 manusia perhari. Luasan taman di perumahan dipengaruhi pula oleh karakter dan minat penduduk terhadap tumbuhan. Berdasarkan standar tersebut di atas maka penyerapan ruang hijau di lokasi perumahan yang di survei diuraikan pada Tabel 5 dan Gambar 7.

Tabel 5.
Kemampuan Penyerapan CO₂ oleh Tumbuhan

No	Lokasi survei	Kerimbunan		Penyerapan CO ₂		
		Kawasan (m ³)	Rumah (m ³)	Kawasan (Ton/thn)	Rumah (Ton/thn)	Total (Ton/thn)
1	Bandung	3620	9,58	39639,00	104,91	39743,91
2	Cirebon	289,23	3,37	3167,07	36,90	3203,97
3	Semarang	2558	6,45	28010,10	70,63	28080,73
4.	Malang	18244	1,57	199771,80	17,19	199788,99
5	Mataram	15307,95	7,60	167622,06	83,22	167705,28
6	Makasar	8595,6	1,33	14121,82	14,57	14136,39
7	Banjarmasin	15340	4,91	167973,00	53,77	168026,77

Keterangan : 1m³ daun dapat menyerap 1,25 kg CO₂/jam

Sumber : hasil perhitungan



Sumber: hasil perhitungan

Gambar 7. Perbandingan Daya Serap Kawasan Secara Total

Besar daya serap ruang hijau untuk masing-masing lokasi perumahan dapat dilihat pada Gambar 6. Gambar ini menunjukkan kemampuan daya serap CO₂ secara total dari penghijauan di dalam lahan kapling dan dipenghijau di daerah umum. Kawasan yang paling besar daya serapnya adalah perumahan di perumnas Sawojajar Malang yang berasal dari ruang terbuka umum. Sedangkan di Bandung dan Semarang kemampuan serap di dalam kapling cukup tinggi tetapi karena kemampuan serap kawasannya rendah maka secara total menjadi rendah.

- Sumber emisi CO₂ yang dominan

Statistik deskriptif berusaha menjelaskan atau menggambarkan berbagai karakteristik data dan menyajikannya dalam bentuk table. Sebuah table akan berguna untuk mengetahui hubungan antar beberapa variabel.

Untuk dapat mengetahui sumber emisi CO₂ terbesar maka tiga variabel utama perlu dibandingkan, demikian juga dengan variabel serap CO₂ oleh ruang terbuka hijau. Hasil analisis statistik deskripsi dari data yang didapat di 13 lokasi perumahan untuk 4 variabel utama dan 7 variabel turunan diuraikan pada Tabel 6.

Tabel 6.
Statistik Deskripsi

Deskripsi	N	Min.	Max.	Sum	Mean	Std. Deviation
1. Emisi CO2 dari Pemakaian Listrik (Kg/thn)	700	.00	2837.65	261943.80	374.21	291.56
2. Emisi CO2 dari Pemakaian M. Tanah (Kg/thn)	468	.01	3651.70	96392.20	205.97	222.55
3. Emisi CO2 dari Pemakaian Gas (Kg/thn)	700	.00	864.00	58700.51	83.86	91.22
4. Emisi CO2 dari Pemakaian Bensin (Kg/thn)	700	.00	4790.06	200868.28	286.95	358.40
5. Emisi CO2 dari Pemakaian Solar (Kg/thn)	700	.00	1949.09	11658.00	16.65	139.22
6. Emisi CO2 dari Ubin Keramik (Kg/thn)	700	0	108.00	9718.00	13.88	11.48
7. Emisi CO2 dari Bata (Kg/thn)	700	0	43.00	4993.00	7.13	5.23
8. Emisi CO2 dari Genteng Keramik (Kg/thn)	700	0	20.00	1822.00	2.60	3.25
Emisi CO2 Total (Kg/thn)	700	19.95	6442.20	646094.84	922.99	605.37
Serap CO2 (Kg/thn)	700	.00	3.61	213.01	0.30	.39

Keterangan: N = jumlah responden

Berdasarkan Tabel di atas, nilai rata-rata (Mean) sumber emisi terbesar berasal dari kegiatan di dalam rumah (domestik). Tenaga listrik merupakan sumber energi yang digunakan paling banyak, Minyak tanah ada di urutan kedua yang dapat menggambarkan bahwa minat dan kemampuan masyarakat untuk menggunakan kompor minyak tanah masih tinggi. Jumlah emisi CO₂ yang berasal dari bensin cukup besar. Hal ini dapat menunjukkan beberapa kemungkinan bahwa mobilitas penduduk cukup tinggi atau kendaraan bermotor yang digunakan tidak efisien atau rendahnya minat untuk jalan kaki karena tidak tersedianya prasarana untuk pelajan kaki yang aman dan nyaman. Pembuatan 3 jenis bahan bangunan (ubin, bata merah dan

genteng keramik) menyumbang emisi relatif sangat kecil.

Jumlah emisi CO₂ yang dapat diserap secara total oleh daerah hijau di masing-masing perumahan sangat kecil yaitu 0,30 Kg/tahun, sedangkan emisi yang ditimbulkan oleh pembangunan 13 perumahan jauh lebih besar yaitu 922,99 Kg/thn. Hal ini dapat menunjukkan bahwa walaupun ruang terbuka di dalam masing-masing kapling dan di 13 lingkungan perumahan masih ada tetapi daerah yang dihijaukan sangat sedikit. Walaupun ada penghijauan tetapi fungsinya tidak optimal.

Dari hasil analisis deskripsi, secara detail variabel yang signifikan untuk masing-masing perumahan di 7 kota dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Urutan Faktor Sumber Emisi di Tiap-Tiap Lokasi Survei

Nama Lokasi Perumahan	Bandung		Cirebon		Semarang		Malang	Mataram		Makassar		Bj. masin		Rata2 sumber emisi dominan di 13 lokasi studi
	Antapani	Sarijadi	Perumas	GSP	Plamongan	Banyumanik	Sawojajar	Sweta Indah	Pagutan	Panakukang	Tamalan Rea	HKSN	Perumas	
Nomor Variabel	2a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	2a	1a	1a	1a	2a	1a	1a
	1a	2a	1b	2a	2a	2a	2a	1a	2a	1b	2a	1a	2a	2a
	1b	1b	2a	1b	1b	1b	1b	1b	1b	2a	1b	1b	1b	1b
	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c	1c
	3a	3a	3a	3a	2b	3a	2b	3a	2b	3a	2b	2b	2b	3a
	2b	3b	3b	3b	3a	3b	3a	3b	3a	3b	3a	3a	3a	2b
	3b	3c	3c	3c	3b	2b	3b	3c	3b	3c	3c	3b	3b	3b
	3c	4	4	4	3c	3c	3c	4	3c	4	3b	3c	3c	3c
	4	2b	2b	2b	4	4	4	2b	4	2b	4	4	4	4

Keterangan nama variabel:

1. Emisi CO₂ dari energi domestik (Kg/thn):
 - 1a. Emisi CO₂ dari Pemakaian Listrik
 - 1b. Emisi CO₂ dari Pemakaian M. Tanah
 - 1c. Emisi CO₂ dari Pemakaian Gas
2. Emisi CO₂ dari bahan bakar untuk transportasi (Kg/thn):
 - 2a. Emisi CO₂ dari Pemakaian Bensin
 - 2b. Emisi CO₂ dari Pemakaian solar
3. Emisi CO₂ dari Bahan Bangunan (Kg/thn)
 - 3a. Emisi CO₂ dari Ubin Keramik
 - 3b. Emisi CO₂ dari Bata
 - 3c. Emisi CO₂ dari Genteng Keramik
4. Penyerapan CO₂ oleh penghijauan (Kg/thn)

Kesimpulan

Penyediaan suatu lingkungan perumahan menimbulkan emisi CO₂ yang cukup besar. Emisi CO₂ yang ditimbulkan

secara langsung yaitu dari penggunaan minyak tanah dan gas untuk masak serta bensin dan solar untuk transportasi. Jumlah ini lebih besar dari emisi CO₂ yang ditimbulkan secara tidak langsung dari pemakaian listrik dan energi untuk membuat bahan bangunan. Hal ini mungkin karena jumlah bahan bangunan yang diperhitungkan hanya tiga jenis. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang lebih mewakili kondisi yang ada di lapangan maka jenis bahan bangunan yang dianalisis perlu ditambah.

Jumlah emisi CO₂ yang dapat diserap adalah sangat kecil dibandingkan dengan jumlah yang ditimbulkan yang menunjukkan bahwa jumlah ruang terbuka hijau sangat kecil dibandingkan dengan ruang terbangun. Hampir semua rumah sudah dikembangkan melebihi ketentuan koefisien dasar bangunan (KDB). Hal yang terburuk adalah penutupan semua ruang terbuka dengan perkerasan. Penghijauan dilakukan

dengan membuat tanaman dalam pot yang secara fungsional tidak berfungsi sebagai daerah resapan air. Pengurangan ruang terbuka hijau pun terjadi di dalam skala lingkungan.

Hal yang perlu ditinjau lebih jauh adalah mekanisme pengawasan pengembangan bangunan sehingga lingkungan perumahan yang ada tetap dapat dikembangkan sesuai dengan konsep perencanaan awal.

Saran

Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai rona awal untuk penelitian selanjutnya tentang perkembangan perumahan dan permukiman di perkotaan kaitannya dengan berkurangnya dan hilangnya daerah terbuka hijau dan badan air sebagai penyerap CO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPT. 2002. Realitas Dunia Untuk Selamat dari Ancaman Bencana Akibat Pemanasan Global. <http://greenturtles.org/> : Green-peace menghadang pengiriman batu bara serta menyerukan G8 untuk menghentikan penggunaan batubara sebagai sumber energi (diakses: 2 Agustus 2008)
- <http://www.wwf.or.id> (Daya Konservasi Individu Rendah Biaya – Efisiensi Listrik Kurangi Emisi CO₂, Press Realese 14 Oktober 2003).
- <http://www.dexton.adexindo.com/artikel-tarif-pln.html> - Tarif Listrik Progresif Pelanggan PLN Mulai Berlaku (diakses 2 September 2008)
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2001. Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau, Jakarta.
- Kobayashi, Hideyuki. 2004. Pengukuran Emisi CO₂ di Sektor Permukiman Perkotaan - Pendekatan secara Makro. Makalah disajikan dalam diskusi teknik di Puslitbang Pusat Litbang Permukiman.
- Prasetio, Sulung. 2003. Hemat Listrik Selamatkan Bumi. Sinar Harapan, 2 Agustus 2003. (diakses: 2 Agustus 2008).
- Puslitbang Permukiman. 2007. Alternatif Bentuk Perencanaan Kawasan Permukiman Perkotaan dengan Pemikiran Emisi CO₂ di Kota Bandung. Departemen PU.
- Puslitbang Permukiman. 2007. Alternatif Bentuk Perencanaan Kawasan Permukiman Perkotaan dengan Pemikiran Emisi CO₂ di Kota Cirebon. Departemen PU.
- Puslitbang Perrmukiman. 2006. Faktor-faktor Penentu Emisi CO₂ pada Perumahan dan Permukiman Perkotaan, Laporan Penelitian, Departemen PU.
- Read, David. 2001. The Role Of Land Carbon Sinks In Mitigating Global Climate Change. The Royal Society. London.
- Sari, Agus P. 2002. Indonesia Harus Waspada, Dampak Perubahan Iklim Sudah di Depan Mata. (diakses, 3 April 2008).
- Seo, S., dan Hwang, Y. 2001. "Estimation of CO₂ Emission in Life Cycle of Residential Buildings", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 127, No. 5, 414-418.
- Soedomo, M. 1999. Pencemaran Udara. Kumpulan Karya Ilmiah. ITB. www.earthtrends.wri.org (diakses 30 January 2007)