

**EFEKTIVITAS RUANG TERBUKA HIJAU (RTH)  
DALAM MEREDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK)  
DI KAWASAN PERKOTAAN BOROKO**

Oleh:

**Frankie Chiarly Rawung**

(Mahasiswa Prodi Arsitektur Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi, [frankierawung@gmail.com](mailto:frankierawung@gmail.com))

**Abstrak**

Kawasan perkotaan Boroko sebagai pusat pemerintahan Kabupaten Bolaang Mongondow Utara yang letaknya dilalui oleh jaringan jalan trans pulau Sulawesi memiliki potensi untuk tumbuh dan berkembangnya aktivitas perkotaan. Pertumbuhan kawasan perkotaan akan membawa dampak negatif bila tidak direncanakan dan diarahkan sedini mungkin. Salah satunya adalah penurunan kualitas lingkungan berupa meningkatnya suhu permukaan bumi akibat dari emisi gas rumah kaca. Menurut Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri, dari ke enam gas rumah kaca yang dinyatakan paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global adalah karbondioksida ( $CO_2$ ), yaitu lebih dari 75%, dimana gas tersebut sebagian besar di hasilkan oleh aktivitas manusia berupa penggunaan bahan bakar fosil pada sektor industri maupun transportasi.

Penyediaan RTH merupakan bagian dari mitigasi pemanasan global sehingga dipandang sebagai salah satu upaya penanganan terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca khususnya gas  $CO_2$  yang paling implementatif dibandingkan cara lainnya. Selain itu fungsinya sebagai pengendali kualitas udara memiliki manfaat sebagai sumber peningkatan cadangan oksigen dan memperbaiki iklim mikro di kawasan perkotaan.

Kata Kunci : Ruang Terbuka Hijau, Emisi Gas Rumah Kaca,  $CO_2$ . Kawasan Perkotaan

**I. PENDAHULUAN**

**1.1. Latar Belakang**

Kawasan perkotaan Boroko merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. Terletak pada posisi strategis, yaitu sebagai salah satu pintu gerbang Provinsi Sulawesi Utara yang menghubungkan dengan provinsi lain di Pulau Sulawesi. Keberadaan jaringan jalan trans nasional lintas pulau Sulawesi menjadikannya daya tarik untuk tumbuh dan berkembangnya aktivitas perkotaan. Pertumbuhan kawasan perkotaan akan membawa dampak negatif bila tidak direncanakan sedini mungkin, seperti penurunan kualitas lingkungan berupa meningkatnya suhu permukaan bumi akibat dari emisi gas rumah kaca.

Emisi gas rumah kaca diartikan sebagai lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu

tertentu. Dalam konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (*United Nation Framework Convention On Climate Change-UNFCCC*), ada enam jenis yang digolongkan sebagai GRK yaitu karbondioksida ( $CO_2$ ), gas metan ( $CH_4$ ), dinitrogen oksida ( $N_2O$ ), sulfurheksafluorida ( $SF_6$ ), perfluorokarbon (PFCS) dan hidrofluorokarbon (HFCS). Selain itu ada beberapa gas yang juga termasuk dalam GRK yaitu karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida ( $NO_x$ ), klorofluorokarbon (CFC), dan gas-gas organik *non metal volatile*. Menurut Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri, dari ke enam gas-gas rumah kaca yang dinyatakan paling berkontribusi terhadap gejala pemanasan global adalah karbondioksida ( $CO_2$ ), yaitu lebih dari 75%, dimana gas tersebut sebagian besar dihasilkan oleh aktivitas manusia berupa penggunaan bahan

bakar fosil pada sektor industri maupun transportasi.

Penyediaan RTH merupakan bagian dari mitigasi pemanasan global sehingga dipandang sebagai salah satu upaya penanganan terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca yang paling implementatif dibandingkan cara lainnya. Dengan dasar pertimbangan itulah RTH dianggap sebagai cara tepat dalam upaya mereduksi emisi CO<sub>2</sub> yang merupakan emisi terbesar dalam Gas Rumah Kaca (GRK). Namun keberadaan vegetasi yang tidak sesuai dengan peruntukannya di ruang terbuka hijau juga akan memberikan dampak yang negatif bagi lingkungan sekitarnya.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

- 1) Berapa besar emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktivitas perkotaan?
- 2) Berapa besar daya serap RTH publik eksisting dalam mereduksi emisi CO<sub>2</sub>?
- 3) Bagaimana rencana kebutuhan dan arahan pengembangan RTH publik yang diperlukan?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan penelitian ini ialah sebagai berikut :

- 1) Menghitung besaran emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktivitas perkotaan.
- 2) Menghitung gambaran daya serap RTH publik eksisting dalam reduksi emisi CO<sub>2</sub>.
- 3) Menghasilkan rencana kebutuhan berupa arahan pengembangan RTH publik yang sesuai dengan karakteristik kawasan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Kawasan Perkotaan**

Pembangunan kawasan perkotaan secara fisik cenderung menghabiskan ruang-ruang terbuka dan menjadikannya area terbangun. Proporsi lahan yang tertutup perkerasan semakin besar dan secara ekologis mengakibatkan berbagai gangguan terhadap proses alam dalam lingkungan perkotaan. Di antara gangguan tersebut adalah meningkatnya temperatur, frekuensi banjir dan polusi udara, serta berkurangnya keragaman hayati.

Berdasarkan konsep “eco-city”, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah menjaga dan mengembalikan ruang terbuka hijau ke dalam lingkungan perkotaan dengan berbentuk sistem, sehingga dapat berperan optimal dari sisi ekologi, sosial dan ekonomi.

### **2.2. Gas Rumah Kaca**

Gas rumah kaca diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (*antropogenik*), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup di dalam Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, proses terjadinya efek rumah kaca disebabkan masuknya sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi infra merah).

Menurut Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri pada tahun 2012, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) memberikan kontribusi

terbesar terhadap pemanasan global diikuti oleh gas metan (CH<sub>4</sub>). Lebih dari 75% komposisi GRK di atmosfer adalah CO<sub>2</sub>.

Menurut Rukaisih dalam Yusratika, Lestari, dan Uttari (2009) Gas CO<sub>2</sub> mempunyai persentase sebesar 50% dalam total Gas Rumah Kaca. Emisi karbon dioksida adalah pemancaran atau pelepasan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) ke udara. Emisi CO<sub>2</sub> biasanya dinyatakan dalam setara ton karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

### 2.3. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan komponen penting dari suatu kawasan perkotaan. Levent dalam Farida, (2010) mendefinisikan RTH sebagai ruang terbuka baik publik maupun privat yang permukaannya ditutupi oleh vegetasi, baik secara langsung atau tidak langsung tersedia bagi pengguna. Definisi yang sama juga tertulis dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 Tahun 2008, RTH Kawasan Perkotaan merupakan bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Metode Pengumpulan Data

#### 3.1.1 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer bersumber dari survei atau pengamatan langsung ke lapangan atau objek penelitian, dalam hal ini populasi penelitian. Populasi dalam penelitian ini yaitu kelompok penghasil emisi gas rumah

kaca yang terdiri dari kegiatan Transportasi, Komersial, Perkantoran dan Perumahan.

Dikarenakan keterbatasan tenaga dan waktu untuk pengumpulan data primer menyangkut konsumsi energi pada aktivitas pemukiman, perkantoran dan komersial maka peneliti menggunakan sampel yang diharapkan mampu mewakili atau menggambarkan ciri-ciri dan keberadaan populasi sebenarnya. Pengambilan sampel dilakukan mengikuti persamaan Slovin seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1 (Prasetyo, 2005):

$$n = \frac{N}{1 + N \cdot e^2} \dots\dots\dots (1)$$

*Keterangan :*  
*n* : jumlah sampel  
*N* : jumlah populasi  
*e* : persentase/derajat kesalahan yang digunakan. dalam penelitian ini derajat kesalahan yang digunakan adalah 10%.

Tabel 1  
Matriks Hubungan Populasi dan Sampel Penelitian

	Jenis Populasi	Jumlah Populasi	Sampel
Kelompok Populasi Penghasil CO <sub>2</sub> dari penggunaan bahan bakar fosil dan konsumsi energi listrik	Transportasi	Berdasarkan perhitungan LHR	Berdasarkan Perhitungan LHR
	Komersial	56 unit	36 unit
	Perkantoran	22 unit	18 unit
	Perumahan	372 unit	79 unit

Pengambilan sampel ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan bahan bakar minyak, gas dan energi listrik pada aktivitas pemukiman, perkantoran dan komersial di kawasan penelitian. Pengambilan sampel ini diharapkan dapat mewakili jumlah populasi yang ada.

### 3.1.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yaitu data berupa hasil penelitian sebelumnya atau kebijakan yang berhubungan dengan penelitian yang bersumber dari instansi atau lembaga-lembaga terkait, serta hasil penelitian sebelumnya yang sifatnya merupakan data baku.

## 3.2. Metode Analisis Data

### 3.2.1 Analisis Besaran Emisi GRK

Besaran emisi yang dihasilkan diketahui berdasarkan jumlah konsumsi bahan bakar per jenisnya dengan mengacu pada metode yang telah dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 2006 mengenai *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Sumber emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar dikelompokkan ke dalam 2 (dua) kategori utama yaitu sumber tidak bergerak (stasioner) dan sumber bergerak.

Tabel 2  
Faktor Emisi GRK CO<sub>2</sub> Pembakaran dari Sumber Tak Bergerak dan Bergerak

Jenis Bahan Bakar	FE Default IPCC 2006 CO <sub>2</sub> sumber tak bergerak (ton/gj)		FE Default IPCC 2006 CO <sub>2</sub> sumber bergerak (ton/gj)
	Komersial & Kantor	Perumahan	Transortasi jalan raya
Gas Bumi/BBG	56100	56100	56100
Premium (tanpa Katalis)	-	-	69300
Solar	74100	74100	74100
LPG	63100	63100	-
Minyak Tanah	-	71900	-

Sumber : Adaptasi dari Pedoman penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, Buku II Vol. 1, Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2012

Untuk menghitung emisi pada sumber bergerak dan sumber tidak bergerak akan menggunakan persamaan (2).

$$Emisi_{GRK} \left( \frac{kg}{thn} \right) = \text{Konsumsi Energi} \left( \frac{tj}{thn} \right) \times \text{Faktor Emisi} \left( \frac{kg}{tj} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :  
Emisi GRK : EmisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar  
Konsumsi Energi : banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar  
Faktor Emisi : Faktor emisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar

Faktor emisi menurut *default* IPCC dinyatakan dalam satuan emisi per unit energi yang dikonsumsi (kg GRK/TJ). Oleh karena itu sebelum digunakan pada Persamaan 1, data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi Terra Joule (tj) dengan Persamaan (3).

$$\text{Konsumsi Energi} (tj) = \text{Konsumsi Energi (sat. fisik)} \times \text{Nilai Kalor} \left( \frac{tj}{sat. fisik} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut nilai kalor dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 3  
Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium*	33x10 <sup>-6</sup> tj/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36x10 <sup>-6</sup> tj/liter	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	38x10 <sup>-6</sup> tj/liter	Boiler industri, pembangkit listrik
MFO	40x10 <sup>-6</sup> tj/liter 4,04x10 <sup>-2</sup> tj/ton	Pembangkit listrik
Gas Bumi	1,055x10 <sup>-6</sup> tj/scf 38,5x10 <sup>-6</sup> tj/Nm <sup>3</sup>	Industri, rumah tangga, restoran
LPG	47,3x10 <sup>-6</sup> tj/kg	Rumah tangga, Restoran
Batu Bara	18,9x10 <sup>-3</sup> tj/ton	Pembangkit listrik, Industri

Catatan :

\*termasuk pertamax & pertamax plus  
HSD : High speed diesel  
ADO : Automotive Diesel Oil  
IDO : Industrial Diesel Oil

Sumber : Adaptasi dari Pedoman penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, Buku II Vol. 1, Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2012

Untuk perhitungan emisi dari konsumsi energi listrik maka di gunakan persamaan (4)

$$Emisi = \sum \text{Pemakaian Listrik} \times \text{Faktor Konversi} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

Emisi : Emisi CO<sub>2</sub>  
Pemakaian Listrik : Konsumsi energi listrik (kWh)  
Faktor Konversi : Baseline Faktor emisi CO<sub>2</sub> untuk sistem ketenagalistrikan Sulawesi Utara adalah 0,161 kg CO<sub>2</sub>/kWh

Untuk mengetahui daya serap RTH publik eksisting dalam mereduksi emisi CO<sub>2</sub>, maka pendekatan yang digunakan adalah dengan menghitung luasan RTH eksisting kemudian dikalikan dengan kemampuan daya serap berdasarkan tipe tutupan vegetasi. Hasil dari perkalian tersebut akan menjadi nilai pengurang terhadap nilai emisi CO<sub>2</sub> yang didapatkan dari perhitungan jumlah emisi pada wilayah penelitian. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan (5).

Menurut Prasetyo dalam Lubena HV, dkk (2012), Daya serap Gas CO<sub>2</sub> berdasarkan jenis tutupan vegetasi terdiri dari:

- Pohon : 129, 92 kg/ha/jam atau 569,07 ton/ha/thn
- Semak belukar : 12, 56 kg/ha/jam atau 55 ton/ha/thn
- Padang rumput : 2,74 kg/ha/jam atau 12 ton/ha/thn
- Lahan pertanian : 2,74 kg/ha/jam atau 12 ton/ha/thn

$$\text{Daya Serap RTH eksisting} = \text{Daya Serap CO}_2 \times \text{Luas Tutupan Vegetasi} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

Daya Serap RTH Eksisting : Kemampuan RTH eksisting dalam menyerap Emisi CO<sub>2</sub>  
Daya Serap CO<sub>2</sub> : Kemampuan jenis tutupan vegetasi menyerap CO<sub>2</sub>  
Luas Tutupan Vegetasi : Luasan jenis RTH berdasarkan tutupan vegetasi

Untuk jenis tutupan pohon yang akan digunakan adalah pohon jati, kemampuan daya serap CO<sub>2</sub> pada tutupan vegetasi pohon jati menurut Junaedi (2007) sebesar 348 ton/ha/thn.

**3.2.2 Analisis Kebutuhan RTH**

Rencana kebutuhan dan arahan pengembangan RTH Publik dilakukan dengan pendekatan kebutuhan berdasarkan hasil analisis sebelumnya serta arahan kebijakan yang mengatur tentang RTH pada kawasan perkotaan.

Sebelum melakukan perhitungan kebutuhan RTH maka akan dilakukan perhitungan sisa emisi yang belum mampu direduksi oleh RTH eksisting. Sisa emisi didapatkan dari total emisi CO<sub>2</sub> dikurangi daya serap RTH eksisting terhadap CO<sub>2</sub> dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Sisa emisi} = \text{Tot. Emisi CO}_2 \text{ Aktual} - \text{Daya Serap RTH Eksist.} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

Sisa Emisi : Emisi CO<sub>2</sub> yang belum terserap  
Total Emisi CO<sub>2</sub> Aktual : Hasil perhitungan produksi emisi CO<sub>2</sub>  
Daya Serap RTH Eksisting : Kemampuan RTH eksisting dalam menyerap Emisi CO<sub>2</sub>

Berdasarkan perhitungan sisa emisi didapatkan, bahwa RTH eksisting belum mampu mereduksi total emisi CO<sub>2</sub> yang ada maka dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan RTH tambahan. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Kebutuhan RTH} = \frac{\text{Sisa Emisi CO}_2}{\text{Daya serap vegetasi terhadap CO}_2} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :  
Kebutuhan RTH : penambahan RTH dalam mereduksi emisi CO<sub>2</sub>  
Sisa Emisi : emisi CO<sub>2</sub> yang belum terserap  
Daya Serap Vegetasi : kemampuan vegetasi dalam menyerap Emisi CO<sub>2</sub>

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Gambaran Umum Lokasi Studi

###### 4.1.1. Administrasi dan Penggunaan Lahan

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Kaidipang pada koridor jalan trans nasional yang melintasi Desa Boroko, Desa Bigo, Desa Boroko Timur, Desa Kuala, dan Desa Kula Utara dengan panjang koridor ± 5 Km dengan luas delinasi wilayah penelitian ± 55,52 Ha, yang terdiri dari 3 segmen, masing-masing :

1) Segmen I, berada pada wilayah administrasi Desa Boroko dan Bigo. Panjang koridor untuk segmen ini adalah ± 1,66 km dengan luas delinasi ± 26,81 ha. jumlah hunian (aktivitas permukiman) yaitu 62 unit, bangunan komersial sebanyak 16 unit dan bangunan perkantoran sebanyak 12 unit. didominasi oleh aktivitas perkantoran dengan luas lahan sebesar ± 11,61 ha atau setara dengan 43,30% dari luas Segmen I.



Gambar 1  
Segmen I Lokasi Studi

2) Segmen II, berada pada wilayah administrasi Desa Bigo, Boroko Timur dan Kuala. Panjang koridor ± 1,77 km dengan luas delinasi ± 16,67 ha. jumlah bangunan hunian sebanyak 185 unit. Aktivitas komersial berupa perdagangan dan jasa memiliki 32 unit bangunan dan aktivitas perkantoran memiliki 7 unit bangunan. Didominasi oleh permukiman seluas 11,47 ha atau sebesar 68,84% luas Segmen II.



Gambar 2  
Segmen II Lokasi Studi

3) Segmen III, berada pada wilayah administrasi Desa Kuala Utara. Koridor ini sepanjang ± 1,57 km dengan luas delinasi ± 12,04 ha. Didominasi oleh permukiman penduduk yang berada pada wilayah pesisir pantai dan perkebunan kelapa. Memiliki 125 unit bangunan hunian, 3 unit bangunan perkantoran dan 8 unit bangunan komersial.



Gambar 3  
Segmen III Lokasi Studi

Permukiman merupakan penggunaan lahan terbesar dengan luas 6,10 ha atau setara dengan 50,63% dari luas segmen.

#### 4.1.2. Sumber Emisi Karbondioksida

##### A. Sumber Emisi Bergerak

Hasil perhitungan rata-rata volume kendaraan yang melintasi koridor penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Perbedaan jumlah nilai tersebut disebabkan adanya persimpangan pada setiap segmen sehingga memungkinkan terjadi perbedaan dalam jumlah lalu-lintas harian rata-rata.

Tabel 4  
Sumber Emisi Bergerak  
Berdasarkan Hasil Survey LHR

Jenis Kendaraan	Bahan Bakar	Rata-rata Volume Kendaraan/Hari		
		Segmen I	Segmen II	Segmen III
Sepeda Motor	Premium	1962	1862	1917
Bentor	Premium	584	494	506
Sedan	Premium	75	62	49
Mini Bus	Premium	610	504	517
Pick Up	Premium	248	177	153
Bus	Solar	29	31	29
Truck	Solar	72	68	65
<b>Jumlah</b>		<b>3580</b>	<b>3198</b>	<b>3236</b>

Sumber : Hasil survey dan pengolahan data tahun 2015

Jumlah konsumsi bahan bakar minyak pada aktivitas transportasi dilakukan dengan perhitungan konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan berdasarkan jarak tempuh. Jumlah konsumsi bahan bakar minyak per unit berdasarkan jenis kendaraan didapatkan dengan mengadaptasi pada konsumsi energi spesifik per jenis kendaraan menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Tabel 5  
Konsumsi energi Spesifik

Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar Minyak	Konsumsi Energi Spesifik (liter/100 Km)
Sepeda Motor	Premium	2,66
Sedan	Premium	10,88
Mini Bus	Premium	11,35
Truck Kecil/Pick up	Premium	08,11
Bus Besar	Solar	16,89
Truk Besar	Solar	15,82

Sumber : Diadaptasi dari BPPT dalam Jinca, tahun 2009

Sebagai contoh jika 1 unit sepeda motor membutuhkan 2,66 liter/100 km (konsumsi energi spesifik menurut BPPT dalam Jinca, 2009) maka 1 unit sepeda motor membutuhkan ± 0,04 liter untuk menempuh panjang jalan 1,66 km pada Segmen I.

Diketahui bahwa pada Segmen I jumlah konsumsi premium sebesar 100.118 liter/tahun dan solar sebesar 9.781 liter/tahun. Pada Segmen II di dapati jumlah total konsumsi premium pertahun 91.076 liter/tahun dan konsumsi solar sebanyak 10.232 liter/tahun. Jumlah konsumsi premium pada Segmen III sebanyak 80.725 liter/tahun dan 8.616 liter/tahun untuk konsumsi solar.

Tabel 6  
Sumber Emisi Bergerak  
Berdasarkan Penggunaan BBM pada Segmen I

Jenis Kendaraan	Jenis BBM	Segmen I (1,66 km)			
		Konsumsi BBM Per Unit Per Hari	Rata-rata Volume Kendaraan Per Hari	Total Konsumsi BBM Per Jenis Kendaraan	
		(Ltr/Unit/Hr)	(Unit/Hr)	(Ltr/Hr)	(Ltr/Thn)
Sepeda Motor	Premium	0,04	1962	86,64	31624
Bentor	Premium	0,04	584	25,79	9413
Sedan	Premium	0,18	75	13,55	4944
Mini bus	Premium	0,19	610	114,93	41949
Pick up	Premium	0,14	248	33,39	12187
Bus	Solar	0,27	29	7,89	2880
Truck	Solar	0,26	72	18,91	6901

Sumber : Hasil survey dan pengolahan data tahun 2015

Tabel 7  
Sumber Emisi Bergerak  
Berdasarkan Penggunaan BBM pada Segmen II

Jenis Kendaraan	Jenis BBM	Segmen II (1,77 km)			
		Konsumsi BBM Per Unit Per Hari	Rata-rata Volume Kendaraan Per Hari	Total Konsumsi BBM Per Jenis Kendaraan	
		(Ltr/Unit/Hr)	(Unit/Hr)	(Ltr/Hr)	(Ltr/Thn)
Sepeda Motor	Premium	0,05	1862	87,66	31997
Bentor	Premium	0,05	494	23,26	8489
Sedan	Premium	0,19	62	11,94	4358
Mini bus	Premium	0,20	504	101,25	36958
Pick up	Premium	0,14	177	25,41	9274
Bus	Solar	0,29	31	8,99	3282
Truck	Solar	0,28	68	19,04	6950

Sumber : Hasil survey dan pengolahan data tahun 2015

Tabel 8  
Sumber Emisi Bergerak  
Berdasarkan Penggunaan BBM pada Segmen III

Jenis Kendaraan	Jenis BBM	Segmen III (1,57 km)			
		Konsumsi BBM Per Unit Per Hari	Rata-rata Volume Kendaraan Per Hari	Total Konsumsi BBM Per Jenis Kendaraan	
		(Ltr/Unit/Hr)	(Unit/Hr)	(Ltr/Hr)	(Ltr/Unit/Hr)
Sepeda Motor	Premium	0,04	1917	80,05	29220
Bentor	Premium	0,04	506	21,13	7713
Sedan	Premium	0,17	49	8,37	3055
Mini bus	Premium	0,18	517	92,13	33627
Pick up	Premium	0,13	153	19,48	7111
Bus	Solar	0,26	29	7,46	2724
Truck	Solar	0,25	65	16,14	5893

Sumber : Hasil survey dan pengolahan data tahun 2015

### B. Sumber Emisi Tidak Bergerak

Sumber emisi tidak bergerak terdiri dari penggunaan *Liqued Petroleum Gas* (LPG), minyak tanah dan penggunaan energi listrik.

Untuk tiap unit hunian penduduk mengkonsumsi rata-rata 3 kg/minggu LPG atau setara dengan 144 kg/tahun. Untuk konsumsi minyak tanah rata-rata membutuhkan 3 ltr/minggu atau setara dengan 144 ltr/tahun.

Penggunaan LPG pada permukiman penduduk sebesar 65% dari total keseluruhan unit hunian dan untuk penggunaan minyak tanah sebesar 35% dari total keseluruhan unit hunian. Penggunaan energi listrik pada tiap hunian rata-rata mengkonsumsi 7 kWh/hari atau setara dengan 2555 kWh/tahun.

Untuk kegiatan komersial, rata-rata konsumsi LPG sebesar 9 kg/minggu atau setara dengan 432 kg/tahun. Untuk penggunaan energi listrik rata-rata mengkonsumsi sebanyak 20 kWh/hari atau setara dengan 7300 kWh/tahun.

Sumber emisi yang berhasil diidentifikasi untuk kegiatan perkantoran hanya pada penggunaan energi listrik yang tiap harinya rata-rata mengkonsumsi 17 kWh/hari atau setara dengan 6205 kWh/tahun.

Adapun sumber emisi dirinci menurut penggunaan energi pertahun berdasarkan jumlah aktivitas per segmen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9  
Jumlah Konsumsi Bahan Bakar dan Listrik  
Per Tahun Menurut Aktivitas dan Sumber Emisi

Segmen	Aktivitas	Sumber Emisi	Jumlah Unit	Jumlah Konsumsi BB & Listrik (/tahun)	Satuan
Segmen I	Perumahan	LPG	40	5803	Kg
		Minyak Tanah	22	3125	Ltr
	Komersial	Listrik	62	158410	kWh
		LPG	16	6912	Kg
		Listrik	16	116800	kWh
		Listrik	12	74460	kWh
Segmen II	Perumahan	LPG	120	17316	Kg
		Minyak Tanah	65	9324	Ltr
	Komersial	Listrik	185	472675	kWh
		LPG	32	13824	Kg
		Listrik	32	233600	kWh
		Listrik	7	43435	kWh
Segmen III	Perumahan	LPG	81	11700	Kg
		Minyak Tanah	44	6300	Ltr
	Komersial	Listrik	125	319375	kWh
		LPG	8	3456	Kg
		Listrik	8	58400	kWh
		Listrik	3	18615	kWh

Sumber : Hasil survey dan pengolahan data tahun 2015

#### 4.1.3. Kondisi Eksisting RTH

Ruang terbuka hijau (RTH) eksisting yang ada di wilayah penelitian berdasarkan bobot kealamiannya terdiri dari RTH alami dan RTH non alami. RTH alami terdapat pada areal sekitaran sempadan sungai di desa Boroko dan Desa Kuala Utara yang terdiri dari jenis dan semak belukar. Luas areal sempadan sungai yang masuk kedalam wilayah penelitian adalah 2,33 ha. RTH non alami atau RTH binaan terdiri dari alun-alun kota (lapangan kembar boroko) dengan luas 3,34 ha yang di dominasi oleh jenis tutupan vegetasi rumput. Terdapat pula lahan pertanian/perkebunan yang dapat berfungsi sebagai RTH binaan dengan rincian 1, 27 ha persawahaan, dan 0,59 ha kebun jati. Lahan

semak belukar dengan luas total keseluruhan sebesar 2,91 ha atau setara dengan 5,24%.

#### 4.2. Analisis Emisi Karbondioksida

Analisis emisi karbondioksida bertujuan untuk menjawab besaran emisi karbondioksida yang dihasilkan dari empat aktivitas perkotaan yakni transportasi, perumahan, komersial, dan perkantoran.

##### 4.2.1. Emisi Karbondioksida dari Sumber Bergerak

Jika konsumsi premium pertahun pada Segmen I adalah 100118 liter dan nilai kalor premium di Indonesia sebesar  $33 \times 10^{-6}$  t/liter maka di dapat nilai konsumsi premium pada Segmen I dalam satuan terajoule adalah 3,30. Nilai tersebut didapat melalu hasil konversi dari satuan fisik ke satuan energi. Setelah mendapatkan konsumsi premium pertahun dalam satuan energi yaitu 3,30 t maka nilai tersebut dikalikan dengan faktor emisi CO<sub>2</sub> untuk bahan bakar premium pada sumber bergerak yaitu 69.300 kg/tj. Maka didapat nilai emisi CO<sub>2</sub> pada penggunaan premium pada aktivitas transportasi di Segmen I adalah 228.959 kg/tahun atau setara dengan 229 ton/tahun.

Perhitungan emisi dari konsumsi bahan bakar solar di Segmen I dilakukan dengan tahapan yang sama, dengan memperhatikan nilai kalor solar di indonesia dan faktor emisi CO<sub>2</sub> untuk jenis bahan bakar solar.

Nilai emisi CO<sub>2</sub> pada Segmen II dan Segmen III baik dari penggunaan premium ataupun solar didapat dengan cara yang sama seperti perhitungan pada Segmen I.

Tabel 10  
Emisi Karbondioksida Dari Sumber Bergerak Per Segmen

Segmen	Jenis BBM	Total	Nilai Kalor (x 10 <sup>-6</sup> tj/ltr)	Konversi (tj)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> (kg/tj)	Emisi CO <sub>2</sub> (kg/tahun)	Emisi CO <sub>2</sub> (ton/tahun)
		Konsumsi BBM Per Jenis BBM (ltr)					
Segmen I	Premium	100118	33	3,30	69300	228959	229
	Solar	9781	36	0,35	74100	26092	26
<b>Total Emisi Segmen I</b>						<b>255052</b>	<b>255</b>
Segmen II	Premium	91076	33	3,01	69300	208281	208
	Solar	10232	36	0,37	74100	27296	27
<b>Total Emisi Segmen II</b>						<b>235577</b>	<b>236</b>
Segmen III	Premium	80725	33	2,66	69300	184611	185
	Solar	8616	36	0,31	74100	22985	23
<b>Total Emisi Segmen III</b>						<b>207596</b>	<b>208</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

Emisi total pemakaian bahan bakar minyak pada aktivitas transportasi disetiap segmentasi yang ada, masing-masing adalah;

- Segmen I = 255.051 kg/tahun atau setara dengan 255,05 ton/tahun;
- Segmen II = 235.576 kg/tahun atau setara dengan 235,58 ton/tahun; dan
- Segmen III = 207.595 kg/tahun atau setara dengan 207,60 ton/tahun

#### 4.2.2. Emisi Karbondioksida dari Sumber

##### Tidak Bergerak

Jika konsumsi minyak tanah per tahun untuk permukiman pada Segmen I adalah 3.125 liter dan nilai kalor (kerosen lainnya) minyak tanah di Indonesia sebesar 43,8x10<sup>-6</sup> tj/liter maka didapati nilai konsumsi minyak tanah pada Segmen I adalah 0,14 terajoule. Nilai tersebut didapat melalui hasil konversi dari satuan fisik ke satuan energi.

Setelah mendapatkan konsumsi minyak tanah pertahun dalam satuan energi yaitu 0,14 tj maka nilai tersebut dikalikan dengan faktor emisi CO<sub>2</sub> untuk bahan bakar minyak tanah pada sumber tidak bergerak yaitu 71.900 kg/tj.

Maka didapati nilai emisi CO<sub>2</sub> pada penggunaan minyak tanah untuk permukiman di Segmen I adalah 9.841 kg/tahun.

Untuk perhitungan emisi dari konsumsi bahan bakar LPG dilakukan dengan tahapan yang sama. Tetapi harus memperhatikan nilai kalor LPG di Indonesia dan faktor emisi CO<sub>2</sub> untuk jenis bahan bakar LPG.

Untuk mengetahui nilai emisi dari penggunaan energi listrik cukup dengan mengalikan konsumsi energi listrik per tahun dengan faktor emisi energi listrik berdasarkan wilayah. Jika konsumsi energi listrik untuk aktivitas permukiman pada Segmen I sebanyak 158.410 kWh/tahun dan faktor emisi energi listrik pada PLN wilayah Sulutenggo adalah 0,161 kg/kWh maka nilai emisi penggunaan energi listrik untuk permukiman sebesar 25.504 kg/tahun atau 25,50 ton/tahun.

Perhitungan nilai emisi CO<sub>2</sub> untuk Segmen II dan III pada tiap-tiap aktivitas perkotaan dilakukan sama dengan contoh perhitungan pada Segmen I di atas. Nilai emisi dari setiap aktivitas perkotaan per segmentasi maka dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11  
Emisi Sumber Tidak Bergerak Pada Segmen I

Aktivitas	Jenis Konsumsi Energi	Total Konsumsi Energi Per Jenis Bahan Bakar	Nilai Kalor	Konversi	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ltr,kg,kWh)	(x10 <sup>6</sup> tj/ltr & kg/ltr)	(tj)	(kg/tj & kg/kWh)	(kg/tahun)	(ton/tahun)
Permukiman	MT	3125	43,8	0,14	71900	9841	9,84
	LPG	5803	47,3	0,27	63100	17320	17,32
	Listrik	158410	-	-	0,161	25504	25,50
<b>Total emisi permukiman</b>						<b>52665</b>	<b>52,66</b>
Komersial	LPG	6912	47,3	0,33	63100	20630	20,63
	Listrik	116800	-	-	0,161	18805	18,80
<b>Total emisi komersial</b>						<b>39435</b>	<b>39,43</b>
Perkantoran	Listrik	74460	-	-	0,161	11988	11,99
<b>Total emisi perkantoran</b>						<b>11988</b>	<b>11,99</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

Tabel 12  
Emisi Sumber Tidak Bergerak Pada Segmen II

Aktivitas	Jenis Konsumsi Energi	Total Konsumsi Energi Per Jenis Bahan Bakar	Nilai Kalor	Konversi	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ltr,kg,kWh)	(x10 <sup>6</sup> tj/ltr & kg/ltr)	(tj)	(kg/tj & kg/kWh)	(kg/tahun)	(ton/tahun)
Permukiman	MT	9324	43,8	0,41	71900	29363	29,36
	LPG	17316	47,3	0,82	63100	51682	51,68
	Listrik	472675	-	-	0,161	76101	76,10
<b>Total emisi permukiman</b>						<b>157146</b>	<b>157,14</b>
Komersial	LPG	13824	47,3	0,65	63100	41260	41,26
	Listrik	233600	-	-	0,161	37610	37,61
<b>Total emisi komersial</b>						<b>78870</b>	<b>78,87</b>
Perkantoran	Listrik	43435	-	-	0,161	6993	6,99
<b>Total emisi perkantoran</b>						<b>6993</b>	<b>6,99</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

Tabel 13  
Emisi Sumber Tidak Bergerak Pada Segmen III

Aktivitas	Jenis Konsumsi Energi	Total Konsumsi Energi Per Jenis Bahan Bakar	Nilai Kalor	Konversi	Faktor Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ltr,kg,kWh)	(x 10 <sup>6</sup> tj/ltr & kg/ltr)	(tj)	(kg/tj & kg/kWh)	(kg/tahun)	(ton/tahun)
Permukiman	MT	6300	43,8	0,28	71900	19840	19,84
	LPG	11700	47,3	0,55	63100	34920	34,92
	Listrik	319375	-	-	0,161	51419	51,42
<b>Total emisi permukiman</b>						<b>106179</b>	<b>106,18</b>
Komersial	LPG	3456	47,3	0,16	63100	10315	10,31
	Listrik	58400	-	-	0,161	9402	9,40
<b>Total emisi komersial</b>						<b>19717</b>	<b>19,71</b>
Perkantoran	Listrik	18615	-	-	0,161	2997	2,99
<b>Total emisi perkantoran</b>						<b>2997</b>	<b>2,99</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

### 4.3. Analisis Daya Serap RTH Eksisting

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan RTH eksisting dalam mereduksi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh aktivitas perkotaan.

Kemampuan daya serap RTH dihitung berdasarkan luas tutupan vegetasi, hal ini dilakukan karena keterbatasan data menyangkut jenis dan jumlah pohon yang ada di wilayah penelitian. Adapun kemampuan daya serap berdasarkan luas tutupan vegetasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 14  
Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub>  
Berdasarkan Tipe Tutupan Vegetasi

Tipe Penutupan	Daya Serap CO <sub>2</sub>	Daya Serap CO <sub>2</sub>
	(kg/ha/jam)	(ton/ha/tahun)
Pohon Jati*	-	348
Semak belukar**	12,56	55
Rumput***	2,74	12
Lahan Pertanian (sawah & kebun kelapa)	2,74	12

Sumber : Adaptasi dari Prasetyo dalam Lubena (2012) dan Junaedi (2007)

- \* tipe tutupan vegetasi untuk pohon yang akan dilakukan adalah jenis pohon jati yang berada di segmen II
- \*\* sempadan sungai digabungkan dalam tipe tutupan vegetasi semak belukar, berada pada segmen I & III
- \*\*\* tipe tutupan vegetasi untuk rumput akan dilakukan pada RTH eksisting lapangan kembar pada segmen II

Kemampuan daya serap CO<sub>2</sub> pada Segmen I berdasarkan tipe tutupan vegetasi adalah sebesar 129,25 ton/tahun untuk tipe semak belukar, 40,08 ton/tahun untuk tipe tutupan vegetasi rumput, dan 14,16 ton/tahun untuk tipe tutupan vegetasi sawah. Detail hasil perhitungan Segmen I dapat dilihat pada tabel berikut di bawah ini 15.

Adapun pada Segmen II, kemampuan daya serap CO<sub>2</sub> berdasarkan tipe tutupan vegetasi RTH eksisting yang ada sebesar

205,32 ton/tahun untuk kebun jati, 64,9 ton/tahun untuk semak belukar dan 0,96 ton/tahun untuk sawah. Perhitungan kemampuan daya serap CO<sub>2</sub> pada Segmen II dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 15  
Perhitungan Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub>  
Pada Segmen I

Tipe Tutupan Vegetasi	Daya Serap	Luas RTH Eksisting	Kemampuan Daya Serap CO <sub>2</sub>
	(ton/ha/tahun)	(ha)	(ton/tahun)
Semak belukar	55	2,35	129,25
Rumput	12	3,34	40,08
Sawah	12	1,18	14,16
<b>Total Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub></b>			<b>183,49</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

Tabel 16  
Perhitungan Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub>  
Pada Segmen II

Tipe Tutupan Vegetasi	Daya Serap	Luas RTH Eksisting	Kemampuan Daya Serap CO <sub>2</sub>
	(ton/ha/tahun)	(ha)	(ton/tahun)
Pohon Jati	348	0,59	205,32
Semak belukar	55	1,18	64,90
Sawah	12	0,08	0,96
<b>Total Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub></b>			<b>271,18</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

Kemampuan daya serap masing-masing RTH eksisting pada Segmen III adalah sebesar 94,05 ton/tahun untuk tipe tutupan semak belukar dan 25,68 ton/tahun untuk tipe perkebunan kelapa.

Tabel 17  
Perhitungan Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub>  
Pada Segmen III

Tipe Tutupan Vegetasi	Daya Serap	Luas RTH Eksisting	Kemampuan Daya Serap CO <sub>2</sub>
	(ton/ha/tahun)	(ha)	(ton/tahun)
Semak belukar	55	1,71	94,05
Kebun kelapa	12	2,14	25,68
<b>Total Kemampuan Daya Serap CO<sub>2</sub></b>			<b>119,73</b>

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa kemampuan RTH eksisting dalam mereduksi emisi CO<sub>2</sub> sebagai salah satu emisi gas rumah kaca persegmentasi adalah:

- Segmen I = 183,49 ton/tahun
- Segmen II = 271,18 ton/tahun
- Segmen III = 119,73 ton/tahun

Setelah didapati kemampuan RTH eksisting dalam mereduksi CO<sub>2</sub> aktual pada setiap segmen wilayah perencanaan, maka hasil tersebut akan di kurangi dengan jumlah total emisi aktual CO<sub>2</sub> yang telah didapati dari hasil perhitungan sebelumnya, sehingga akan didapati sisa emisi CO<sub>2</sub> aktual yang belum dapat direduksi. Hasil perhitungan sisa emisi kemudian akan menjadi landasan dalam perhitungan kebutuhan dan distribusi ruang terbuka hijau pada wilayah penelitian. Adapun sisa emisi per segmentasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 18  
Sisa Emisi CO<sub>2</sub> Persegmentasi

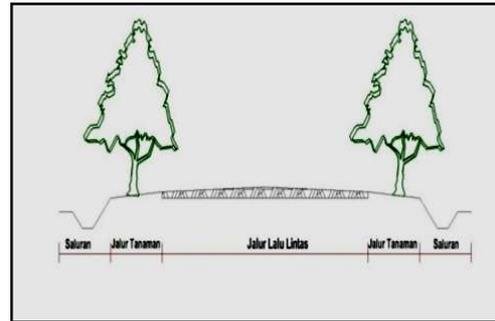
Segmen	Emisi CO <sub>2</sub> Aktual	Emisi CO <sub>2</sub> Aktual yang ireduksi RTH eksisting	Sisa Emisi CO <sub>2</sub>	
	(ton/thn)	(ton/thn)	(%)	(ton/thn) (%)
Segmen I	359,13	183,49	51	175,64 49
Segmen II	478,58	271,18	57	207,40 43
Segmen III	336,48	119,73	36	216,75 64

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

#### 4.4. Rencana Kebutuhan dan Arah Pengembangan RTH

Arahan pengembangan kebutuhan RTH pada wilayah penelitian dilakukan dengan meningkatkan kualitas maupun kuantitas RTH privat yang terdiri dari pekarangan rumah, kantor dan bangunan

komersial. RTH publik difokuskan pada jalur hijau atau pada jalur tanaman tepi jalan. Hal tersebut dilakukan berdasarkan pada fakta di lapangan bahwa belum seluruhnya ruas jalan trans Sulawesi di kawasan perkotaan Boroko yang menjadi koridor penelitian telah memiliki jalur hijau.



Gambar 4  
Contoh Tampilan Jalur Hijau

Salah satu jenis pohon yang direkomendasikan untuk mereduksi sisa emisi CO<sub>2</sub> aktual di wilayah penelitian adalah pohon tanjung atau dengan nama latin *Mimosops Elengi* yang dapat ditanami dengan jarak perpohonnya ± 12m. Jenis pohon ini mampu mereduksi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 5,04 ton/pohon/tahun atau ke tiga terbesar jika dibandingkan dengan jenis pohon lain yang mampu mereduksi CO<sub>2</sub> (Gratimah, 2009).



Gambar 5  
Bibit dan Pohon Tanjung di Kawasan Penelitian

Tabel 19  
Kebutuhan Pohon Tanjung  
Untuk Mereduksi Sisa Emisi CO<sub>2</sub> Aktual  
Per Segmentasi

Segmentasi	Sisa Emisi CO <sub>2</sub>	Daya Serap CO <sub>2</sub> Pohon Tanjung	Jumlah Kebutuhan Pohon
Segmen I	175,64		45
Segmen II	207,40	5,04	41
Segmen III	216,75		43

Sumber : Hasil perhitungan tahun 2015

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan : Segmen I sebesar 359,13 ton/tahun. Untuk Segmen II sebesar 478,58 ton/tahun, dan untuk Segmen III sebesar 336,48 ton/tahun.
- Daya serap RTH eksisting dalam mereduksi emisi CO<sub>2</sub> aktual adalah 183,49 ton/tahun atau setara dengan 51% dari total emisi pada Segmen I. Daya serap pada Segmen II adalah 271, 18 ton/tahun atau setara dengan 57% dan daya serap RTH eksisting pada Segmen III adalah 119,73 ton/tahun atau setara dengan 36% dari jumlah emisi pada Segmen III. Sisa emisi yang belum mampu direduksi pada Segmen I adalah 175,64. Pada Segmen II dan III masing-masing adalah 207,4 ton/tahun dan 216,75 ton/tahun.
- Rencana kebutuhan RTH diarahkan untuk dikembangkan dalam bentuk jalur hijau atau jalur tanaman tepi jalan pada sisi kanan-kiri jalan pada koridor penelitian dengan jarak per pohonnya minimal 12 meter. Salah satu jenis pohon yang direkomendasikan untuk dapat mereduksi

sisa emisi CO<sub>2</sub> aktual adalah pohon tanjung dengan kemampuan daya serap 5,04 ton/pohon/tahun. Untuk mampu mereduksi sisa emisi pada segmen I, maka dibutuhkan ± 35 buah pohon. Pada segmen II dan III masing-masing membutuhkan ± 41 buah pohon dan ± 43 buah pohon.

### 5.2. Saran

Yang dapat disarankan dari hasil penelitian ialah sebagai berikut :

- Perlunya ditingkatkan kualitas dan kuantitas RTH eksisting untuk mampu mereduksi CO<sub>2</sub> yang merupakan Gas Rumah Kaca terbesar pada lapisan atmosfer.
- Pemilihan jenis vegetasi yang memiliki daya serap CO<sub>2</sub> harus juga mempertimbangkan karakteristik kawasan dan tidak menimbulkan gangguan terhadap aktivitas perkotaan.
- Dikarenakan penelitian ini merupakan penelitian awal yang pernah dilakukan menyangkut perhitungan emisi CO<sub>2</sub> di kawasan perkotaan Boroko maka ke depan perlunya dilakukan penelitian lanjutan yang dapat memproyeksikan laju pertumbuhan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh aktivitas perkotaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anandita A.P, Boedisantoso R dan Hermana J. 2011. *Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Dalam Menyerap Emisi Karbon di Kota Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Adiarstari R, Boedisantoso R dan Wilujeng S.A. 2013. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman*

- Dalam Menyerap CO<sub>2</sub> dan Memenuhi Kebutuhan O<sub>2</sub> di Surabaya Selatan (Studi Kasus: di Kecamatan Wonocolo Surabaya Selatan), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.*
- Anugrah Teguh Prasetyo. 2012. *Pengaruh Ruang Terbuka Hijau (RTH) Terhadap Iklim Mikro Di Kota Pasuruan*, UNM. Malang
  - Arikunto S. 2002, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*, Rineika Cipta; Jakarta
  - Aringga B.P. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Privat Permukiman Dalam Menyerap Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Memenuhi Kebutuhan Oksigen (O<sub>2</sub>) di Surabaya Barat (Studi Kasus: di Kecamatan Lakarsantri)*, Jurnal Teknik POMITS Volume 1, No 1 hal 1-3.Surabaya.
  - Bagas H.K dan Wakhidah K, 2013, *Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penopang Kawasan Mixed Use pada Koridor Jalan Fatmawati Semarang*. Jurnal Teknik PWK Volume 2 No. 1, hal 152-159 . Undip. Semarang
  - Budiharjo E dan Hardjohubojo S. 1993, *Kota Berwawasan Lingkungan*, Alumni;Bandung
  - Cuak Ardani, Hanfi N dan Pribadi T. 2013. *Perkiraan Luas Ruang Terbuka Hijau Untuk Memenuhi Kebutuhan Oksigen Di Kota Palangkaraya*, Jurnal Hutan Tropis Volume 1 No. 1 Maret
  - Didik S.H, Saputro S.H dan Woesono H.B. 2012. *Pengaruh Tingkat Luasan RTH Privat terhadap Kualitas Udara dan Persepsi Kenyamanan di Kota Yogyakarta*. Jurnal Penelitian Pemerintah Kota Yogyakarta Volume 7
  - Fandeli, Chafid. 2001. *Kriteria Pembangunan Hutan Kota dalam Persektif Lingkungan. Prosiding Workshop Pembangunan Hutan Kota*, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
  - Fandeli, Chafid. 2004. *Perhutanan Kota*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
  - Farida Khuril Maula. 2010. *Prospek dan Permasalahan Pengembangan Ruang Terbuka Hijau sebagai Pengurangan Dampak dan Adaptasi Terhadap Pemanasan Lokal*. Jurnal Arsitektur dan Perencanaan Oktober Vol.4 No.2
  - Federer, C. A., 1970. *Effects Of Trees In Modifying Urban Mirco Climate. Dalam Trees And Forest Urbanizing Environment 1971*. University Of Massachusetts. Amherst
  - Gratimah R.D.G 2009. *Analisis Kebutuhan Hutan Kota sebagai Penyerap CO<sub>2</sub> Antropogenik di Pusat Kota Medan*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
  - Hastuti I dan Sulistyatso H. 2012. *Penyediaan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Nilai Emisi CO<sub>2</sub> di Kawasan Industri Surabaya*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  - Herlambang S.P. dan Siti J. 2012. *Alat Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor*, Jurnal Penelitian Pemerintah Kota Yogyakarta Volume 7
  - Irawan, Z.D, 2005. *Tantangan Lingkungan dan Lansekap Hutan Kota*. Bumi Aksara. Jakarta.
  - IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 - Energy*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
  - IPCC (2008). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K.(eds). IGES, Japan.
  - Jinca, M.Y. 2009. *Pencemaran Udara Karbonmonoksida dan Nitrogenoksida Akibat Kendaraan Bermotor pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas di Kota Makasar*. Simposium. Makasar.
  - Junaedi A. 2007. *Konstruksi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida*, Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok.
  - Velayati L.H, Ruliyansyah A dan Fitrianiingsih Y. 2012. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berdasarkan*

- 
- Serapan Gas CO<sub>2</sub> Di Kota Pontianak*, Universitas Tanjungpura; Pontianak.
- Pakpahan Edward, 2008. *Upaya Peningkatan Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau (Rth) Di Kabupaten Bengkulu Selatan* Jurnal Governance Opinion edisi maret,
  - Pradiptiyas D, Assomadi A.F dan Boedisantoso R. 2013. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi CO<sub>2</sub> Di Perkotaan Menggunakan Program Stella (Studi Kasus: Surabaya Utara Dan Timur)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  - Prasetyo, Bambang. 2005. *Metode Penelitian Kuantitatif*. PT.Raja Grafindo Persada. Jakarta.
  - Purnomohadi, S. 1995, *Peran Ruang Terbuka Hijau Dalam Pengendalian Kualitas Udara Di DKI Jakarta*, disertasi Program Pascasarjana,IPB. Bogor
  - Siti R.P, Boedisantoso R dan Hermana J. 2012. *Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Privat Permukiman Dalam Menyerap CO<sub>2</sub> dan Memenuhi Kebutuhan O<sub>2</sub> Manusia di Surabaya Utara (Studi Kasus: Kecamatan Kenjeran)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  - Suparwo dan Firdaus F, 2007,. *Profil Pencemaran Udara Kawasan Perkotaan Yogyakarta: Studi Kasus di Kawasan Malioboro, Kridosono dan UGM Yogyakarta*, DPPM UII; Yogyakarta
  - Widyastri A.R, Faisal dan Soeriaatmadja, 2012. *Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kota Pada Kawasan Padat, Studi Kasus Di Wilayah Tegallega, Bandung*, Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia Vol.1 No.1 Juli
  - Yusratika N, Lestari dan Uttari, 2009. *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) Dari Sektor Transportasi Di Dki Jakarta Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar*. ITB. Bandung
- Peraturan dan Perundang-undangan**
- \_\_\_\_\_. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I Pedoman Umum*, Kementerian Lingkungan Hidup.
  - \_\_\_\_\_. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II Volume 1 Metodologi Perhitungan Tingkat Emisi GRK Kegiatan Pengadaan & Penggunaan Energi*, Kementerian Lingkungan Hidup.
  - Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang
  - Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pencemaran Udara.
  - Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
  - Peraturan Presiden No. 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
  - Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataann RTH Kawasan Perkotaan
  - Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan
  - Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2009 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Non Hijau di Kawasan Perkotaan