

Analisis Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyerap Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) pada Kawasan Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

Ribka Regina Roshintha dan Sarwoko Mangkoedihardjo

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: sarwoko@enviro.its.ac.id

Abstrak—Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) merupakan kampus yang memiliki program *eco campus*. *Eco campus* ini menandakan bahwa ITS peka terhadap isu-isu lingkungan seperti pemanasan global. Salah satu penyebab pemanasan global adalah emisi karbon dioksida (CO₂). Emisi CO₂ ini dapat diserap oleh tanaman atau ruang terbuka hijau (RTH) sehingga perlu adanya analisis dari kecukupan RTH ini dalam menyerap emisi CO₂ pada kawasan kampus ITS Sukolilo, Surabaya. Analisis ini dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan jumlah kendaraan bermotor dan vegetasi eksisting pada kawasan kampus ITS Sukolilo, Surabaya. Beban emisi CO₂ yang dihasilkan pada Tahun 2016 tertinggi terdapat pada zona 5 dengan jumlah 277.726,7 g/jam sedangkan untuk beban emisi terendah terdapat pada zona 8 dengan jumlah 65.179,6 g/jam. Proyeksi pada tahun 2021 dihitung dan didapatkan beban emisi tertinggi terdapat pada zona 5 dengan jumlah 328.657,4 g/jam sedangkan emisi terendah terdapat pada zona 8 juga dengan beban emisi yaitu 77.132,5 g/jam. Hasil yang diperoleh dari analisis kecukupan adalah terdapat 5 zona dimana RTHnya memenuhi pada tahun 2021 dan terdapat 3 zona yang perlu diperhatikan RTHnya. Perencanaan dilakukan untuk zona yang masih belum memenuhi dan untuk zona yang terpenuhi ini didukung dengan adanya pembuatan Standar Operasi dan Prosedur (SOP) pemeliharaan RTH yaitu pemangkasan, pemupukan dan penyiraman berdasarkan dari beberapa literatur.

Kata Kunci—Daya serap, Emisi, Gas karbon dioksida, Kendaraan bermotor, Vegetasi.

I. PENDAHULUAN

SALAH satu fungsi daerah perkotaan adalah sebagai pusat pendidikan. Surabaya memiliki berbagai tingkat pendidikan dari tk hingga perkuliahan. Aktifitas pendidikan turut berkontribusi emisi CO₂. Secara umum, pencemaran yang diakibatkan oleh emisi CO₂ bersumber dari 2 kegiatan yaitu; alam (natural) dan manusia (antropogenik) seperti emisi CO₂ yang berasal dari transportasi, sampah dan konsumsi energi listrik rumah tangga. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan manusia konsentrasinya relatif lebih tinggi sehingga mengganggu sistem kesetimbangan di udara dan pada akhirnya merusak lingkungan dan kesejahteraan manusia [1]. Oleh karena itu, penting untuk menanggulangi emisi CO₂ pada kawasan pendidikan.

Salah satu tempat pendidikan yang terkenal pada Kota Surabaya adalah ITS. ITS mempunyai program yaitu *eco campus*. *Eco campus* ini telah ada sejak tahun 2011. *Eco campus* ini sendiri berdiri karena kesadaran ITS berperan

dalam isu-isu lingkungan. Isu-isu lingkungan yang umumnya dibahas mengenai pemanasan global. Salah satu penyebab pemanasan global adalah adanya gas efek rumah kaca. Gas efek rumah kaca ini salah satunya adalah gas CO₂. Sebagai salah satu tempat pendidikan, kampus ITS Sukolilo ini juga turut berkontribusi dalam menghasilkan emisi CO₂. Emisi CO₂ terbesar pada kawasan kampus ITS Sukolilo adalah dari sektor transportasi yaitu sebesar 54% [2]. Emisi CO₂ ini dapat diserap oleh tanaman atau yang dapat disebut ruang terbuka hijau. Tanaman yang merupakan sebagai komponen utama pengisi RTH ini memiliki kemampuan dalam menyerap emisi CO₂ sehingga mampu mengurangi konsentrasi emisi CO₂ di alam [3].

Sebagai kampus yang memiliki program *eco campus* ini perlu adanya analisis kecukupan dari RTH jalan berdasarkan emisi CO₂ yang dihasilkan dari sektor transportasi sampai 5 tahun ke depan karena transportasi merupakan sektor penghasil emisi CO₂ terbesar pada Kawasan Kampus ITS Sukolilo. Perencanaan ulang dapat dilakukan untuk memperbaiki keadaan RTH pada kawasan ITS ini. Analisis kecukupan ini juga dilengkapi dengan SOP dalam pemeliharaan RTH pada kawasan kampus ITS Sukolilo, Surabaya. Dengan pemeliharaan RTH yang baik maka diharapkan akan didapatkan daya serap yang baik pula dari RTH yang tersedia.

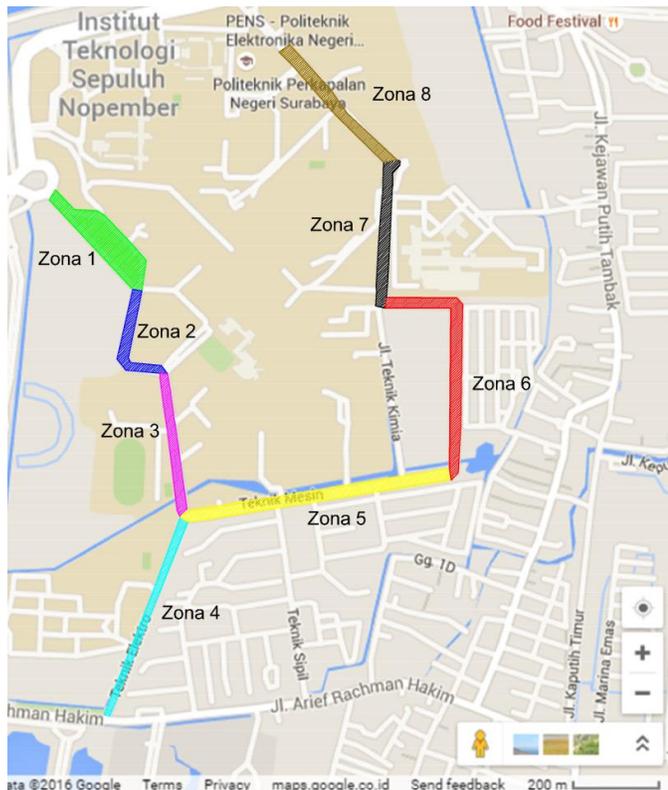
II. METODE ANALISIS

A. Penentuan Zona

Penentuan zona dilakukan sebelum adanya analisis. Zona ini dibuat karena dalam perhitungan beban emisi membutuhkan panjang jalan dimana suatu kendaraan tidak akan melewati panjang jalan yang sama sehingga memiliki kepadatan kendaraan bermotor yang sama dan kebutuhan RTH juga berbeda-beda tiap daerahnya disesuaikan dengan beban emisi yang dihasilkan. Zona yang terbentuk adalah 8 dengan berbagai alasan di atas. Gambar 1 menunjukkan 8 zona yang telah terbentuk. 8 zona tersebut adalah:

- 1) Pos SKK Bundaran ITS sampai Bundaran Manarul.
- 2) Bundaran Manarul sampai Bundaran SCC.
- 3) Bundaran SCC sampai Jurusan Biologi.
- 4) Gor Bulutangkis sampai Pos SKK Jl. Arief Rachman Hakim.
- 5) Jurusan Biologi sampai Jl. Teknik Mesin berakhir.

- 6) Depan perumdos Blok U (Jl. Teknik Kimia).
- 7) Gedung Riset sampai Jurusan Teknik Informatika.
- 8) Jurusan Teknik Informatika sampai Pos SKK ITS Politeknik.



Gambar 1. Zona Analisis

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada analisis ini terdapat dua yaitu data primer dan sekunder. Penjelasan dari data primer dan sekunder dapat dilihat sebagai berikut:

1) Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer pada analisis ini yaitu *traffic counting* dan jumlah dan jenis vegetasi eksisting. *Traffic counting* dilakukan selama 5 hari aktif perkuliahan dan perkantoran yaitu hari Senin hingga Jumat pada tanggal 11 Maret hingga 17 Maret 2016. Pengumpulan data ini dilakukan pada jam puncak pagi, siang dan sore. Jam-jam puncak yang ditentukan dapat dilihat sebagai berikut:

- Jam puncak pagi : 07.00-09.00
- Jam puncak siang : 12.00-14.00
- Jam puncak sore : 16.00-18.00

Alat yang digunakan adalah *counter*. Jenis kendaraan yang dihitung adalah mobil dan motor. Pengumpulan data jumlah dan jenis vegetasi dilaksanakan dengan observasi secara langsung. Jumlah dan jenis vegetasi yang dihitung yang berada pada tepi dan median jalan pada tiap zona.

2) Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder antara lain peta dan *review masterplan* ITS tahun 2015 yang diperoleh dari PIMPITS, data RTH eksisting dan instruksi kerja yang diperoleh dari Sarana dan Prasarana ITS serta jumlah mahasiswa aktif,

karyawan dan dosen 5-10 tahun terakhir yang diperoleh dari Kepegawaian ITS.

C. Metode Analisis

Metode analisis ini dimulai dari ide tugas akhir, studi literatur, pengumpulan data, hasil dan pembahasan serta menghasilkan kesimpulan dan saran. Pada tahap hasil dan pembahasan terdapat beberapa hal yang dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Pengolahan data *traffic counting*.
- 2) Proyeksi kendaraan bermotor pada tahun 2021. Perhitungan menggunakan jumlah mahasiswa aktif, karyawan dan dosen 5-10 tahun terakhir sebagai pendekatan. Perhitungan nilai regresi setiap metode proyeksi yaitu metode aritmatik, geometrik dan *least square* untuk menentukan metode yang terpilih.
- 3) Perhitungan emisi CO₂ dari kendaraan bermotor.
- 4) Perhitungan daya serap RTH eksisting.
- 5) Evaluasi dan perencanaan RTH jalan. Evaluasi ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan emisi CO₂ dengan vegetasi eksisting. Jika hasil perhitungan daya serap vegetasi eksisting ini kurang dari emisi yang dikeluarkan maka perlu adanya perencanaan RTH jalan pada kawasan kampus ITS Sukolilo, Surabaya.
- 6) Pembuatan SOP dalam pemeliharaan RTH jalan. SOP yang dimaksudkan ini adalah SOP penyiraman, pemangkasan dan pemupukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Traffic Counting

Rata-rata kendaraan yang melintas dapat dilihat pada Tabel 1.

1.

Tabel 1. Jumlah Kendaraan Melintas Tiap Zona

Zona	Jenis kendaraan	Rata-rata per hari (kendaraan/6 jam)		Rata-rata per jam (kendaraan/jam)	
		Tiap Jenis	Total	Tiap Jenis	Total
1	Mobil	1.778	8.641	296	1.440
	Motor	6.863		1.144	
2	Mobil	1.719	8.207	286	1.368
	Motor	6.488		1.081	
3	Mobil	2.303	11.380	384	1.897
	Motor	9.077		1.513	
4	Mobil	1.887	6.953	314	1.159
	Motor	5.066		844	
5	Mobil	2.920	12.659	487	2.110
	Motor	9.739		1.623	
6	Mobil	1.790	13.255	298	2.209
	Motor	11.465		1.911	
7	Mobil	1.061	6.537	177	1.089
	Motor	5.476		913	
8	Mobil	909	4.865	152	811
	Motor	3.956		659	

Secara umum dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa di setiap zona memiliki jumlah kendaraan sepeda motor yang lebih banyak daripada mobil. Jumlah kendaraan yang melintas ini memiliki angka yang cukup tinggi dapat disebabkan kendaraan yang sama melalui daerah yang sama pada waktu survei. Dari hasil survei kendaraan bermotor pada Kawasan Kampus ITS

Sukolilo, dapat terlihat bahwa zona terpadat terdapat pada zona 6 dimana memiliki volume kendaraan yaitu 2209 kendaraan/jam. Zona 6 ini terletak pada depan perumdos Blok U (Jl. Teknik Kimia) dimana terdapat perumahan dosen dan tempat tinggal beberapa mahasiswa sehingga aktifitasnya tinggi. Pada zona 6 ini juga terdapat beberapa fakultas yang dituju seperti FTI dan FTK dimana memiliki jumlah mahasiswa dan dosen yang cukup banyak sesuai dengan data jumlah mahasiswa aktif dan dosen pada tiap fakultas tahun 2015 dimana FTI berada pada peringkat tertinggi pertama dan FTK berada pada peringkat keempat dari 5 fakultas yang berada pada Kawasan Kampus ITS Sukolilo.

Kepadatan terendah terdapat pada zona 8 dimana terletak pada Jurusan Teknik Informatika sampai Pos SKK ITS Politeknik dimana memiliki volume kendaraan yaitu 811 kendaraan/jam. Pada zona tersebut memiliki kepadatan yang rendah karena jurusan yang dituju tidak terlalu banyak seperti zona lainnya. Jurusan desain produk, desain interior, PWK, Geomatika, Geofisika dan Teknik Informatika merupakan jurusan yang dekat pada zona 8. Pada zona 8 ini juga tidak terdapat fasilitas pendukung seperti pada zona-zona lainnya seperti fasilitas olahraga, masjid, kantin pusat, Asrama dan Perumahan Dosen sehingga tidak sepadat pada zona lainnya.

B. Proyeksi Kendaraan Bermotor

Metode terpilih didasarkan dari perhitungan koefisien korelatif. Koefisien korelatif dari tiap metode yang mendekati 1 yang dipilih untuk proyeksi kendaraan bermotor ini. Metode geometrik ini memiliki nilai koefisien korelasi yaitu 0,96. Metode geometrik ini dipilih untuk menentukan jumlah kendaraan pada tahun 2021 dengan rumus 1.

$$P_n = P_o(1+r)^{dn} \tag{1}$$

Keterangan :

- P_n = jumlah kendaraan pada akhir tahun periode
- P_o = jumlah kendaraan pada awal proyeksi
- r = rata-rata pertambahan penduduk tiap tahun
- dn = kurun waktu proyeksi

Proyeksi kendaraan pada tahun 2021dihitung dengan rumus 1. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Hasil Proyeksi Pada Tahun 2021

Zona	Jenis kendaraan	Jumlah Kendaraan Tahun 2021 (kendaraan /tahun)	Jumlah Kendaraan Tiap Zona (kendaraan /tahun)	Jumlah Kendaraan Tiap Zona (kendaraan /jam)
1	Mobil	14.929.756	3.071.924	351
	Motor		11.857.832	1.354
2	Mobil	14.179.916	2.969.641	339
	Motor		11.210.275	1.280
3	Mobil	19.662.384	3.979.679	454
	Motor		15.682.706	1.790
4	Mobil	12.013.329	3.259.902	372
	Motor		875.3427	999
5	Mobil	21.871.474	5.045.695	576
	Motor		16.825.779	1.921
6	Mobil	22.900.862	3.093.002	353
	Motor		19.807.860	2.261
7	Mobil	11.293.898	1.832.442	209
	Motor		9.461.456	1.080
8	Mobil	8.405.115	1.570.517	179
	Motor		6.834.598	780

C. Perhitungan Beban Emisi

Perhitungan emisi ini menggunakan rumus 2 [4].

$$Q = N_i \times F_{ei} \times K_i \times L \tag{2}$$

Keterangan:

- Q = Jumlah emisi (gr/jam)
- N_i = Jumlah kendaraan bermotor tipe-i (kendaraan/jam)
- F_i = Faktor emisi yang dapat dilihat pada Tabel 3 [5]
- K_i = Konsumsi energi spesifik tipe-i (liter/100km) yang dapat dilihat pada Tabel 4 [6]
- L = Panjang jalan (km) yang dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 3.
Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

Jenis Kendaraan	Faktor Emisi CO ₂ (g/kg BBM)
Sepeda Motor	3.180
Mobil	3.178

Faktor emisi CO₂ yang digunakan berasal dari Tabel 3 namun satuan beban emisi ini dalam g/kg BBM. Sehingga dibutuhkan massa jenis bensin untuk menghasilkan faktor emisi dengan satuan g/L. Massa jenis bensin yang lebih tepatnya premium ini adalah 0,724 kg/L [7] sehingga didapatkan faktor emisi CO₂ untuk mobil adalah 2.300,87 g/L dan motor adalah 2.302,32 g/L.

Tabel 4.
Konsumsi Energi Spesifik

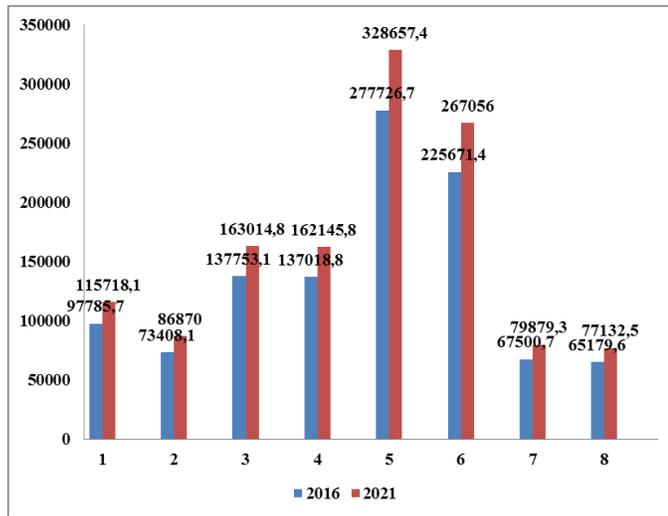
Jenis Kendaraan	Konsumsi energi spesifik (liter/100km)
Mobil Penumpang (Bensin)	11,79
Sepeda Motor	2,66

Tabel 5.
Panjang Jalan Tiap Zona

Zona	Panjang Jalan (km)	Zona	Panjang Jalan (km)
1	0,65	5	1,2
2	0,51	6	1,14
3	0,7	7	0,65
4	1	8	0,8

Perhitungan beban emisi pada tahun 2016 dan 2021 dilakukan menggunakan rumus 2. Hasil perhitungan beban emisi pada tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 2.

Emisi CO₂ tertinggi terdapat pada zona 5 dan terendah terdapat pada zona 8. Zona 5 ini adalah zona terpadat kedua dibandingkan dengan zona lainnya pada zona tersebut memiliki kendaraan mobil tertinggi sesuai dengan Tabel 2 sehingga menghasilkan beban emisi tertinggi. Zona 8 merupakan zona terendah dari kepadatannya sesuai dengan pada pembahasan kepadatan kendaraan bermotor sehingga jika zona 8 ini memiliki beban emisi terendah disebabkan dengan kepadatan kendaraan yang rendah pada zona tersebut.



Gambar 2. Beban Emisi (g/jam) pada Tahun 2016 dan 2021

D. Perhitungan Daya Serap RTH Eksisting

Perhitungan daya serap menggunakan rumus 3 yang dapat dilihat sebagai berikut.

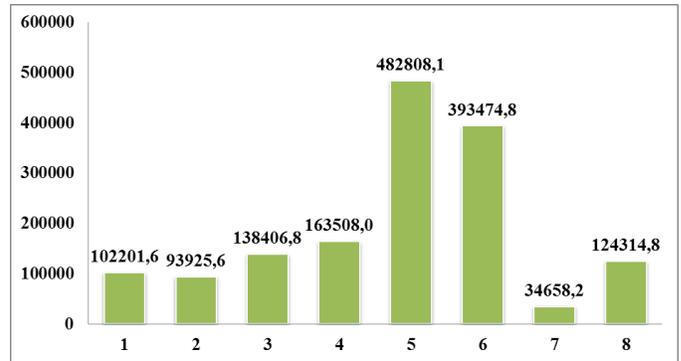
$$\text{Kemampuan penyerapan pohon} = \frac{\text{daya serap CO}_2 \times \text{jumlahpohon}}{3} \quad (3)$$

Daya serap CO₂ jenis pohon yang terdapat pada zona analisis dapat dilihat pada Tabel 6. Perhitungan daya serap tiap zona dilakukan dengan menggunakan rumus 3. Hasil perhitungan tiap zona dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 6.
Daya Serap CO₂ Tiap Pohon

No.	Nama Jenis Tumbuhan	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (g/jam. pohon)
1	Daun Kupu-kupu	<i>Bauhinia purpurea</i>	1.331,38 [8]
2	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	1.319,35 [8]
3	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	310,52 [8]
4	Mahoni	<i>Swietenia macrophylla</i>	3.112,43 [8]
5	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	59,96 [8]
6	Jambu Biji	<i>Syzygium malaccense</i>	44,59 [8]
7	Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	1.146,51 [8]
8	Tabebuia Kuning	<i>Tabebuia chrysantha</i>	24,2 [9]
9	Karet Kebo	<i>Ficus elastica</i>	22 [9]
10	Keben	<i>Barringtonia asiatica</i>	165 [9]
11	Kol Banda	<i>Pisonia alba</i>	22 [9]
12	Cemara Laut	<i>Casuarina equisetifolia</i>	45 [9]
13	Nagasari	<i>Thevetia peruviana</i>	96,9 [9]
14	Dadap Merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	165 [9]
15	Belimbing Wuluh	<i>Averrhoa bilimbi</i>	6,33 [9]
16	Palem Phoenix	<i>Phoenix roebelenii</i>	0,39 [9]
17	Palem Kuning	<i>Dyopsis lutescens</i>	0,39 [9]
18	Palem Ekor Tupai	<i>Wodyetia bifurcata</i>	0,39 [9]
19	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	96,9 [9]
20	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	165 [9]
21	Kersen	<i>Muntingia calabura</i>	0,6 [9]
22	Pandan Bali	<i>Dracaena draco</i>	0,39 [9]
23	Bambu Cina	<i>Bambusa multiplex</i>	0,39 [9]
24	Sukun	<i>Artocarpus altilis</i>	22 [9]
25	Tabebuia Pink	<i>Tabebuia rosea</i>	24,2 [9]
26	Kembang Kecrutan	<i>Spathodea campanulata</i>	24,16 [9]
27	Kacang Amazon	<i>Bunchosia armeniaca</i>	6,33 [9]
28	Dadap Hijau	<i>Erythrina variegata</i>	165 [9]
29	Lamtoro	<i>Leucaena leucocephala</i>	165 [9]
30	Asam Landi	<i>Pithecellobium dulce</i>	165 [9]
31	Palem Kenari	<i>Phoenix Sylvestris</i>	0,39 [9]
32	Sawo Manila	<i>Manilkara zapota</i>	96,9 [9]
33	Kayu Bejaran	<i>Lannea coromandelica</i>	45 [9]

No.	Nama Jenis Tumbuhan	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (g/jam. pohon)
34	Palem Bambu	<i>Chamaedorea seifrizii</i>	0,39 [9]
35	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mantaly</i>	24,16 [9]
36	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	3.252,1 [3]
37	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	22 [3]
38	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	51,96 [10]
39	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	67,58 [10]
40	Jati	<i>Tectona grandis</i>	12,41 [10]
41	Glodokan	<i>Polyalthia longifolia</i>	719,74 [11]
42	Pucuk Merah	<i>Oleina syzygium</i>	155,58 [11]
43	Palem Putri	<i>Veitchia merrillii</i>	32,6 [11]
44	Jabon	<i>Neolamarckia cadamba</i>	9,95 [12]



Gambar 3. Daya Serap RTH Eksisting

Gambar 3 menyatakan bahwa daya serap tertinggi berada pada zona 5 sedangkan daya serap terendah terdapat pada zona 7. Zona 5 ini memiliki jumlah pohon tertinggi dari zona lainnya sehingga daya serapnya pun tertinggi. Zona 7 memiliki jumlah pohon yang banyak dengan daya serap rendah seperti palem kenari sehingga pada zona tersebut memiliki daya serap terendah dibandingkan zona lainnya.

E. Evaluasi RTH Jalan

Evaluasi RTH jalan ini dilakukan dengan melakukan perhitungan sisa emisi pada tiap zona dengan rumus 4.

$$\text{Sisa emisi CO}_2 = A - B \quad (4)$$

Keterangan:

A = Total emisi CO₂ aktual (g/jam)

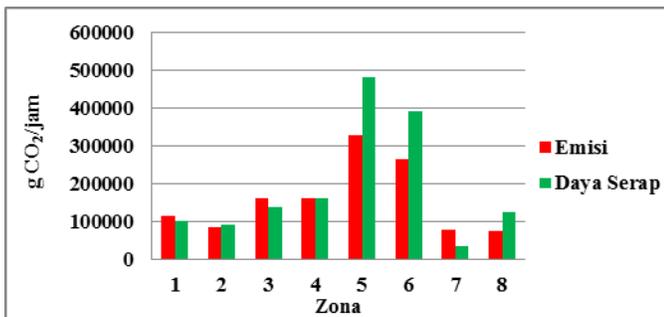
B = Total daya serap CO₂ oleh RTH jalan (g/jam)

Evaluasi ini hanya dilakukan pada tahun 2021 untuk melihat kecukupan RTH 5 tahun ke depan yaitu pada tahun 2021. Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus 4 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7.
Sisa Emisi Tahun 2021

Zona	Total Q (g CO ₂ / jam)	Daya Serap (g CO ₂ / jam)	Sisa Emisi (g CO ₂ / jam)
1	115.718,1	102.201,6	13.516,5
2	86.870,0	93.925,6	-7.055,6
3	163.014,8	138.406,8	24.608,0
4	162.145,8	163.508,0	-1.362,2
5	328.657,4	482.808,1	-154.150,7
6	267.056,0	393.474,8	-126.418,8
7	79.879,3	34.658,2	45.221,1
8	77.132,5	124.314,8	-47.182,3

Nilai positif yang terdapat pada Tabel 7 menyatakan bahwa RTH masih perlu ditambahkan untuk mengatasi emisi yang masih berlebih. Perlu ada perbaikan RTH pada zona 1, 3 dan 7 karena masih memiliki sisa emisi. Lahan yang kosong pada zona yang memiliki sisa emisi ini tidak ditemukan kecuali pada zona 1 maka dilakukan perencanaan ulang pada median jalan dimana terdapat beberapa vegetasi yang kurang memiliki daya serap yang tinggi pada zona 3 dan 7. Nilai negatif pada Tabel 8 menandakan bahwa RTH jalan yang tersedia pada zona tersebut sudah memenuhi emisi CO₂ yang dihasilkan pada tahun 2021. Zona 2, 4, 5, 6 dan 8 ini tidak menghasilkan sisa emisi. Pemeliharaan pada RTH harus tetap terjaga dengan baik supaya menghasilkan penyerapan yang optimal. Perbandingan emisi dengan daya serap ini dapat dilihat pada Gambar 4.



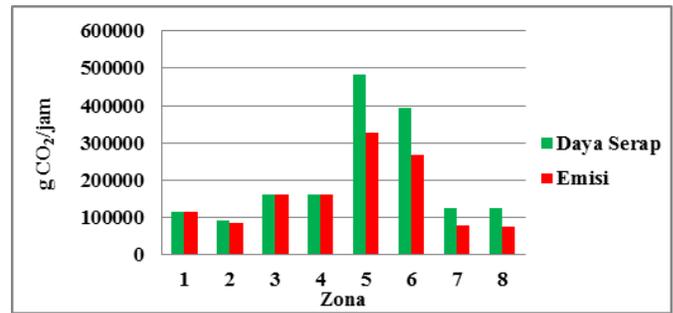
Gambar 4. Perbandingan Emisi dan Daya Serap

F. Perencanaan RTH Jalan

Zona 1 direncanakan untuk menambah vegetasi baru pada taman alumni untuk memperbesar daya serapnya. Vegetasi yang akan ditambah adalah Angsana dengan jumlah pohon sebanyak 46 pada taman alumni di sebelah pohon Asam Landi. Pada perencanaan ini ditambahkan satu jenis pohon saja karena mengikuti tanaman eksisting yang terdapat di taman alumni dimana Asam Landi berada mengelilingi taman alumni ini dan juga agar terlihat rapi dengan adanya penambahan vegetasi. 46 pohon Angsana ini direncanakan ditambahkan pada taman alumni ini.

Zona 3 dilakukan perencanaan ulang pada median jalan karena komposisi tumbuhan pada median jalan ini kurang memiliki daya serap yang tinggi. Daya serap pada median ini dikurangi untuk mengetahui daya serap yang kurang. Pada median jalan ini terdapat Tabebuia Kuning, Tabebuia Pink, Glodokan dan Palem. 50.719,7 g CO₂/jam yang harus diserap dengan perencanaan median jalan yang baru ini . 27 Pohon Glodokan, 8 Pohon Tanjung, 8 Pohon Tabebuia Kuning dan 10 Pohon Mahoni direncanakan pada median jalan tersebut.

Zona 7 memiliki daya serap yang rendah pada median jalannya. Perencanaan ulang perlu dilakukan pada median jalan ini. Median jalan pada zona ini terdapat Palem Kenari, Tanjung, Angsana, Tabebuia Kuning dan Dadap Merah. 48.500,3 g CO₂/jam yang harus diserap dengan perencanaan median jalan yang baru ini. Perencanaan ulang pada zona 7 ini direncanakan terdapat 3 Pohon Trembesi, 14 Pohon Angsana, 14 Pohon Tabebuia Kuning dan 14 Pohon Mahoni. Gambar 5 menyatakan bahwa perencanaan tidak menghasilkan sisa emisi.



Gambar 5. Perbandingan Emisi dan Daya Serap Setelah Perencanaan

Gambar 5 menyatakan bahwa setiap zona tidak menghasilkan sisa emisi. Perencanaan ini diharapkan dapat menghasilkan penyerapan yang sesuai sehingga kualitas udara tiap zona dapat terjaga dengan baik

G. Pemeliharaan RTH Jalan

Pemeliharaan ini RTH ini yang akan dibahas adalah dalam hal penyiraman, pemangkasan dan pemupukan. Ketiga aspek tersebut yang dapat menghasilkan pertumbuhan yang baik pada tumbuhan. Pemeliharaan ini didasarkan pada beberapa sumber literatur yaitu SOP pemeliharaan dari DKP Surabaya, Instruksi Kerja Sarpras ITS, PermenPU No. 05/PRT/M/2008 [13] dan Permen PU No. 05/PRT/M/2012 [14].

1) Penyiraman

Penyiraman ini dilakukan untuk menyeimbangkan laju evapotranspirasi, melarutkan garam-garam mineral dan sebagai unsur utama dalam proses fotosintesis. Waktu penyiraman dilakukan pada musim kemarau di pagi hari yaitu pukul 06.00-09.00. Penyiraman dilakukan pada waktu tersebut untuk mengurangi penguapan yang berlebihan dan tidak mengganggu lalu lintas. Penyiraman pada waktu sore hari tidak dianjurkan karena terdapat reaksi gelap fotosintesis yang menghasilkan air. Cara penyiraman yang baik adalah ke arah bawah, tidak boleh menyiram secara keras atau dengan tekanan tinggi supaya tidak merusak media tanam dan tanamannya. Penyiraman dilakukan hingga jenuh. Air yang dibutuhkan untuk pohon kurang lebih 10L/pohon atau dengan perkiraan 15.-20 cm air yang disiram sudah masuk ke dalam tanah.

2) Pemangkasan

Pemangkasan dilakukan untuk berbagai tujuan yaitu yang dapat dilihat sebagai berikut:

- Menjaga kesehatan pohon. Pemangkasan ini dapat dilakukan pada cabang, dahan dan ranting yang retak, patah atau berpenyakit jamur atau parasit lainnya agar tidak meluas ke bagian tanaman lainnya. Pemangkasan dilakukan juga saat akhir musim hujan untuk mengurangi penguapan di musim kemarau panjang sehingga tanaman tidak mati kekeringan.
- Keamanan sekitar taman. Batang atau dahan yang menyentuh kabel telepon dan listrik kira-kira jika tinggi pohon sudah mencapai 6 meter perlu dipangkas karena dapat mengakibatkan korsleting/kebakaran. Dalam melakukan pemangkasan ini harus berkoordinasi dengan teknisi listrik untuk pengamanan listrik dan jika diperlukan harus dilakukan pemadaman. Pada daerah pejalan kaki

diperlukan ruang yang bebas dari juntaian ranting dan dahan pohon sekitar 2,5 meter dari permukaan tanah.

- Keamanan pengguna jalan. Pemangkasan dilakukan pada cabang, dahan dan ranting yang dapat menghalangi pandangan pengguna jalan. Pohon besar, dahan/ranting dipangkas sampai aman terhadap gangguan angin sehingga dahan tidak patah waktu musim hujan. Pohon menjulang yang sudah setinggi 6-9 meter dipangkas dan bawahnya dipangkas sampai tidak menghalangi pandangan seberang.
- Tujuan estetis.

Cara pemangkasan pohon adalah dengan pemangkasan secara miring (45°) dan rata agar air hujan tidak tergenang yang dapat mengakibatkan pembusukan batang. Arah pemangkasan ini dari bawah ke atas.

3) Pemupukan

Prinsip dasar dari pemupukan adalah mensuplai hara tambahan yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga tanaman tidak kekurangan nutrisi yang diperlukan. Pupuk yang diberikan pada tanaman dapat berupa pupuk organik maupun pupuk anorganik (Contohnya NPK atau urea). Pupuk organik/kandang yaitu pupuk yang didapatkan dari kotoran padat dan cair hewan ternak. Pupuk yang baik dari pupuk kandang ini yang biasanya berumur sekitar 6 bulan dimana sudah matang/kering. Pupuk anorganik merupakan pupuk yang mengandung unsur Nitrogen (N), Fosfat (P) dan Kalium (K) yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dan kondisi sekitar tanaman. Dosis pupuk NPK untuk pohon adalah 25 gram/pohon. Pupuk ditaburkan pada tanah yang sudah didangir sedalam 0,15-0,2 m di sekeliling batang pohon selebar diameter tajuk tanaman. Kemudian pupuk ditutup tanah kembali dan disiram dengan air agar cepat larut. Cara lain pemupukan dengan pupuk anorganik yaitu dengan mencampurkan pupuk dengan air yang kemudian disiramkan di sekeliling perakaran tanaman sedangkan untuk daun disemprotkan pada daun. Pupuk kandang ditaburkan pada tanah kemudian dicampur dengan tanah subur.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibahas pada hasil analisis kecukupan ini maka dapat disimpulkan:

- Beban emisi CO_2 yang dihasilkan pada Tahun 2016 tertinggi terdapat pada zona 5 dengan jumlah 277.726,7 g/jam sedangkan beban emisi terendah terdapat pada zona 8 dengan jumlah 65.179,6 g/jam. Setelah dilakukannya proyeksi pada tahun 2021 beban emisi tertinggi juga terdapat pada zona 5 dengan jumlah 328.657,4 g/jam sedangkan beban emisi terendah terdapat pada zona 8 juga dengan beban emisi yaitu 77.132,5 g/jam.
- Terdapat 5 zona yang memiliki daya serap memenuhi dengan emisi yang dihasilkan. Zona yang memenuhi antara lain zona 2, 4, 5, 6 dan 8 sedangkan 3 zona yang lainnya ini yaitu yang terdapat pada zona 1,3 dan 7. Zona 1 direncanakan menambah 46 pohon Angsana pada Taman alumni. Zona 3 direncanakan mengganti tanaman pada median jalan dengan 27 Pohon Glodokan, 8 Pohon Tanjung, 8 Pohon Tabebuia Kuning dan 10 Pohon Mahoni.

Lalu, zona 7 direncanakan ulang pada median jalan dengan 3 Pohon Trembesi, 14 Pohon Angsana, 14 Pohon Tabebuia Kuning dan 14 Pohon Mahoni.

- Penyiraman dapat dilakukan pada musim kemarau di pagi hari (06.00-09.00). Secara umum pemangkasan dapat dilakukan 3 bulan sekali. Pemupukan dapat dilakukan 3 bulan sekali.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Y. Fujita, H. Matsumoto, H.C. Siang, "Assessment of CO_2 emissions and resource sustainability for housing construction in Malaysia," *International Journal of Low-Carbon Technologies* 2009, Vol. 4 (2009, Mar.) 16-26.
- PLH Siklus, *Stok & emisi karbon di kampus ITS*. Indonesia, Surabaya: Badan Koordinasi, Pengendalian dan Komunikasi Program Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2014).
- E.N. Dahlan, "Analisis kebutuhan luasan hutan kota sebagai *sink* gas CO_2 antropogenik dari bahan bakar minyak dan gas di kota Bogor dengan pendekatan sistem dinamik," Disertasi, Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan, Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor (2007).
- KMLH, *Pedoman penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional Buku II Volume 1 Metodologi perhitungan tingkat emisi gas rumah kaca pengadaan dan penggunaan energi*. Indonesia, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup (2012).
- PERMENLH tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara Di Daerah, PERMENLH Nomor 12 Tahun 2010 (2010).
- M. Faikah, H. Hariyati, J.M. Yamin, "Pencemaran udara karbon monoksida dan nitrogen oksida akibat kendaraan bermotor pada ruas jalan padat lalu lintas di Kota Makassar," Simposium XII FSTPT, Universitas Kristen Petra Surabaya, Nov. 14 (2009).
- I. S. Kartika dan P. Kristanto, "Konversi penggunaan bahan bakar bensin ke bahan bakar ethanol pada motor bakar 4 langkah untuk sepeda motor," Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Surabaya (2013).
- RD. G. Gratimah, "Analisis kebutuhan hutan kota sebagai penyerap gas CO_2 antropogenik di pusat Kota Medan," Tesis, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, USU, Medan (2009).
- S. Purwaningsih, "Kemampuan serapan karbondioksida pada tanaman hutan kota di kebun raya Bogor," Skripsi, Dept. Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, IPB, Bogor (2007).
- H. Karyadi, "Pengukuran daya serap karbondioksida lima jenis tanaman hutan kota," Skripsi, Dept. Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, IPB, Bogor (2005).
- M.Y. Yusuf, "Kemampuan penyerapan gas CO_2 beberapa jenis tanaman pada ruang terbuka hijau di Kota Makassar," Tesis, Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, UNHAS, Makassar (2015)
- W. H. Paksi, "Hubungan antara umur tegakan hutan rakyat jabon (Neolamarckiadamba (Roxb.) Bosser) dengan daya serap karbondioksida di Baturraden," Skripsi, Fakultas Biologi, Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto (2014).
- PERMENPU tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, PERMENPU Nomor 5 Tahun 2008 (2008).
- PERMENPU tentang Pedoman Penanaman Pohon pada Sistem Jaringan Jalan, PERMENPU Nomor 5 Tahun 2012 (2012).