

EFEKTIVITAS JALUR HIJAU DALAM MENYERAP EMISI GAS RUMAH KACA DI KOTA MANADO

Jovino Fains Momongan¹, Pierre H. Gosal², & Veronica A. Kumurur³

¹Mahasiswa S1 Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota Universitas Sam Ratulangi Manado
^{2 & 3} Staf Pengajar Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi Manado

Abstrak. Kota Manado saat ini banyak mengalami peningkatan dalam bidang pembangunan, hal ini berdampak pada meningkatnya kendaraan bermotor untuk menunjang aktivitas masyarakat perkotaan. Aktivitas transportasi merupakan salah satu kegiatan yang menghasilkan polusi udara karena mengeluarkan emisi Karbonmonoksida. Karbonmonoksida merupakan salah satu zat/gas yang berkontribusi dalam gas rumah kaca. Kota Manado telah tersedia jalur hijau dengan berbagai jenis vegetasi pohon. Jalur hijau adalah salah satu upaya untuk menyerap emisi gas buang karbon dari kendaraan bermotor. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah jalur hijau mampu menyerap emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan yang melintas. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui besaran emisi Karbonmonoksida (CO) yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi perkotaan dan mengetahui daya serap eksisting jalur hijau dalam menyerap emisi Karbondioksida (CO₂). Jalan dan jalur hijau dalam penelitian ini berada di 10 koridor jalan utama pada 10 kecamatan. Besaran emisi karbon bisa didapatkan dengan menghitung kendaraan yang melewati lokasi penelitian pada jam puncak dan melakukan perhitungan emisi serta konversi CO ke CO₂. Daya serap jalur hijau dapat diketahui dengan menghitung pohon berdasarkan jenisnya dan dihitung daya serapnya. Berdasarkan hasil penelitian, didapati emisi Karbonmonoksida sebesar 19.320.085 ton/tahun dan daya serap eksisting jalur hijau terhadap Karbondioksida sebesar 29.794,25 ton/tahun.

Kata Kunci : Daya Serap Vegetasi, Emisi Karbon, Kendaraan Bermotor, dan Gas Rumah Kaca.

PENDAHULUAN

Kota Manado merupakan ibukota provinsi Sulawesi Utara yang mengalami banyak perkembangan di bidang pembangunan. Pemanfaatan lahan kota yang terus meningkat untuk berbagai fasilitas perkotaan mempengaruhi laju pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. Hal ini membuat Kota Manado menjadi padat dengan berbagai aktivitas perkotaan sehingga akan berdampak terhadap kualitas udara di Kota Manado menurun. Salah satu faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas udara adalah semakin bertambahnya kendaraan bermotor dalam menunjang aktivitas masyarakat perkotaan.

Kendaraan bermotor yang semakin hari semakin meningkat menyebabkan penggunaan bahan bakar yang tinggi sehingga meningkatkan buangan sisa-sisa bahan bakar ke udara dan mengakibatkan pencemaran udara. Beberapa jenis pencemar udara yang paling sering ditemukan adalah Karbonmonoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), Sulfur Dioksida (SO₂), HidroKarbon (HC) dan Partikel. Sumber pencemaran yang utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari Karbonmonoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari HidroKarbon (HC) (Agusnar.2007). Udara yang telah tercampur dengan zat-zat sisa buangan dari kendaraan mempunyai dampak buruk terhadap kesehatan manusia seperti dapat mengganggu sistem pernapasan, merusak sistem syaraf dan masalah pencernaan, menyebabkan kanker dan berbagai penyakit lain (Soedomo.2001).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga kualitas udara yaitu melalui penyediaan ruang terbuka hijau (RTH). Vegetasi sebagai komponen utama pengisi RTH memiliki kemampuan dalam menyerap emisi Karbon mampu mengurangi konsentrasi emisi Karbon di alam, sehingga keberadaan vegetasi yang tidak sesuai dengan peruntukannya di ruang terbuka hijau akan berdampak negatif bagi daerah sekitarnya. Di kota Manado terdapat beberapa jenis RTH salah satunya RTH Jalur Hijau yang berfungsi antara lain sebagai peneduh, penyerap polusi dan peredam kebisingan. Kondisi RTH jalur hijau yang ada di jalan-jalan di kota Manado terdapat berbagai jenis vegetasi pohon seperti Pohon Termbesi, Pohon Angsana, Pohon Krey Payung, dll. Dengan adanya RTH jalur hijau tersebut, diharapkan jalur hijau dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung besaran emisi Karbonmonoksida yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi perkotaan di koridor jalan utama Kota Manado dan menghitung daya serap eksisting jalur hijau emisi Karbondioksida (CO₂) di koridor jalan utama Kota Manado.

TINJAUAN PUSTAKA

Efektivitas

Menurut Hidayat (1986) Efektivitas adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas dan waktu) telah tercapai. Dimana makin besar presentase target yang dicapai, makin tinggi efektifitasnya.

Jalur Hijau

Menurut Nazaruddin (1996) Penghijauan di jalan umum biasanya berbentuk penanaman pohon di bagian jalan yang disebut jalur hijau. Jalur hijau dapat berada di median atau tengah jalan untuk jalan raya atau jalan dua arah maupun di kanan dan kiri jalan. Sering pula dijumpai jalan yang di kanan kirinya sudah dibuatkan jalur khusus untuk pejalan kaki (*pedestrian*) masih dapat pula ditanami pohon .

Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor yang menjadi alat transportasi, dalam konteks pencemaran udara dikelompokkan sebagai sumber yang bergerak (PP No. 41/1999). Kendaraan bermotor mengeluarkan gas buang sisa hasil proses pembakaran bahan bakar fosil berupa zat/gas yang menjadi bahan pencemaran udara seperti Karbonmonoksida (CO), berbagai senyawa Hidrokarbon, berbagai oksida Nitrogen (NOx) dan sulfur (SOx), dan partikulat debu termasuk timbel (PB). Menurut Kurniawan, sebagian besar gas CO yang ada diparkiran berasal dari kendaraan bermotor (80%) dan ini menunjukkan korelasi yang positif dengan kepadatan lalu lintas dan kegiatan lain yang ikut sebagai penyumbang gas CO di atmosfer. Semakin lama rotasi atau putaran roda kendaraan per menit, semakin besar kadar CO yang diemisikan (Sugiarta, 2008.).

Gas Rumah Kaca

Gas Rumah Kaca atau biasa disingkat dengan Gas Rumah Kaca merupakan kumpulan gas-gas yang dianggap mampu meningkatkan potensi pemanasan global oleh para ilmuwan di seluruh dunia. Akan tetapi ketika Gas Rumah Kaca menyelimuti Bumi dengan kadar yang berlebihan, pantulan radiasi inframerah akan terperangkap di atmosfer sehingga suhu bumi meningkat lebih panas daripada suhu normal dalam jangka waktu yang lama (Cengel, 1997). Gas-gas yang tergolong sebagai gas rumah kaca adalah Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄), Nitrogenoksida (N₂O), hidrofloroKarbon (HFC), perfloroKarbon (PFC), dan sulfurheksaklorida (SF₆).

Mitigasi (penjinakan) adalah segala upaya dan kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi dan memperkecil akibat-akibat yang ditimbulkan oleh bencana, yang meliputi kesiapsiagaan serta penyiapan kesiapan fisik, kewaspadaan dan kemampuan mobilisasi (Depdagri, 2003)

Tanaman Penyerap Karbon

Tanaman merupakan penyerap Karbondioksida (CO₂) diudara. Bahkan beberapa diantara tanaman-tanaman itu mempunyai kemampuan besar untuk menyerap Karbondioksida (CO₂). Pohon Trambesi

(*Samanea saman*), dan Cassia (*Cassia sp*) merupakan salah satu contoh tumbuhan yang kemampuan menyerap CO₂-nya sangat besar hingga mencapai ribuan kg/tahun.

Penelitian Dahlan (2007) memberikan hasil bahwa Trambesi (*Samanea saman*) terbukti menyerap paling banyak Karbondioksida. Dalam setahun, Trambesi mampu menyerap 28,488.39 kg Karbondioksida. Selain pohon Trambesi, didapat juga berbagai jenis tanaman yang mempunyai kemampuan tinggi sebagai tanaman penyerap Karbondioksida (CO₂). Pohon-pohon itu diantaranya adalah Cassia, Kenanga, Pingku, Beringin, Krey Payung, Matoa, Mahoni, dan berbagai jenis tanaman lainnya.

Tabel 1. Daftar Tanaman yang mempunyai daya serap Karbondioksida

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap CO ₂ (Kg pohon/tahun)
1	Trambesi	<i>Samanea saman</i>	28.488,39
2	Cassia	<i>Cassia sp</i>	5.295,47
3	Kenanga	<i>Canarium odoratum</i>	756,39
4	Pingku	<i>Dysoxylum excelsum</i>	720,49
5	Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
6	Krey Payung	<i>Felicium decipiens</i>	404,83
7	Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	329,76
8	Mahoni	<i>Sweetiana mahagoni</i>	295,73
9	Saga	<i>Adenanthera pavoniana</i>	221,18
10	Bungkur	<i>Lagerstroemia speciosa</i>	160,14
11	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
12	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	126,51
13	Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
14	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29
15	Puspa	<i>Schima wallichii</i>	63,31
16	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
17	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,20
18	Sawo kecil	<i>Mangifera kauki</i>	36,19
19	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
20	Bunga merak	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	30,95
21	Sempur	<i>Dilena retusa</i>	24,24
22	Khaya	<i>Khaya anthothea</i>	21,90
23	Merbau pantai	<i>Intsia bijuga</i>	19,25
24	Akasia	<i>Acacia mangium</i>	15,19
25	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
26	Asam kranji	<i>Pithecellobium dulce</i>	8,48
27	Saputangan	<i>Mimosa grandiflora</i>	8,26
28	Dadap merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	4,55
29	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	2,19
30	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	1,49
31	Kempas	<i>Coompassia excelsa</i>	

Sumber: Dahlan. 2007.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini objek yang akan dijelaskan adalah emisi yang dihasilkan dari kendaraan bermotor dan eksisting jalur hijau pada 10 koridor jalan di 10 kecamatan.

Metode Pengumpulan Data

Data primer dalam penelitian adalah volume kendaraan dan jumlah pohon di jalur hijau, pertama volume kendaraan dilakukan dengan langkah pertama membuat peta koridor jalan setiap kecamatan dengan menggunakan software ArcGIS setelah itu observasi langsung jumlah kendaraan yang melewati koridor

penelitian di kecamatan Wanea, Wenang, Sario, Malalayang, Tuminting, Singkil, Bunaken, Paal 2, Tikala, dan Mapanget pada jam 06.00-08.00, 12.00-14.00, dan 16.00-18.00 di hari yang sama, kemudian untuk data jalur hijau dilakukan dengan langkah pertama membuat peta koridor jalur hijau setiap kecamatan dengan menggunakan tools ArcGIS, kemudian observasi langsung jumlah pohon dan jenis pohon di setiap koridor jalur hijau dan menandai pohon berdasarkan jenis pohon pada peta. Data sekunder berupa jenis pohon diperoleh dari survey di Badan Lingkungan Hidup Kota Manado dari hasil penelitian sebelumnya berupa buku dan jurnal.

Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah mendapatkan data primer berupa data volume kendaraan dan jumlah pohon serta data sekunder berupa data jenis tanaman dari Badan Lingkungan Hidup Kota Manado dan hasil penelitian sebelumnya. Data – data tersebut kemudian di olah dengan analisis-analisis berikut :

Perhitungan Volume Kendaraan

Perhitungan volume kendaraan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintasi titik pengamatan dalam satuan waktu menggunakan rumus (Morlok E.K. 1991). Yaitu :

$$q = \frac{n}{t}$$

Keterangan :

- q= Volume lalu lintas yang melewati suatu titik
- n= Jumlah kendaraan yang melalui titik dalam interval waktu penelitian
- t= Interval waktu penelitian

Tabel 2. Jenis Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan
1	Sepeda Motor
2	Mini Bus Bensin
3	Mini Bus Solar
4	Mobil Penumpang/Mikro
5	Sedan
6	Truk Kecil/Pick up Bensin
7	Truk Kecil/Pick up Solar
8	Truk Sedang Solar
9	Truk Besar Solar
10	Bus Sedang Solar
11	Bus Besar Solar

Sumber : BPPT dalam Jinca.2009

Jenis kendaraan pada Tabel 2.1 diadaptasi dari konsumsi energy spesifik per jenis kendaraan menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Perhitungan Emisi

Perhitungan emisi untuk mengetahui besaran emisi yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi perkotaan.

$$Q = Ni \times FEi \times Ki \times L$$

Keterangan :

- Q: Jumlah emisi (gr/jam)
- Ni: Jumlah kendaraan bermotor tipe-i (Kendaraan / Jam)
- FEi: Faktor Emisi kendaraan bermotor tipe-i(gr/liter)
- Ki: Konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor tipe-i (liter/100km)
- L: Panjang Jalan (km)

Sumber : IPCC dalam Suryani

Tabel 3. Faktor emisi kendaraan bermotor berdasarkan tipe bahan bakar

No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energy spesifik (liter/100km)
1	Mobil penumpang:	
	a. Bensin	11,79
2	Bus besar	
	a. Bensin	23,15
3	Bus sedang	
	b. Solar / solar	16,89
4	Bus kecil	
	a. Bensin	11,35
5	Bemo, Bajaj	
	b. Solar / solar	11,83
6	Taksi	
	a. Bensin	10,88
7	Truck besar	
	b. Solar / solar	06,25
8	Truck sedang	
	a. Bensin	15,82
9	Truck kecil	
	b. Solar / solar	15,15
10	Sepeda motor	
	a. Bensin	08,11
	b. Solar / solar	10,64
	Sepeda motor	2,66

Sumber : Jinca.2009

Tabel 4. Konsumsi energi spesifik kendaraan bermotor

No.	Tipe kendaraan / bahan bakar	Faktor Emisi CO (gr/liter)
Bensin :		
1	Kendaraan penumpang	462.63
2	Kendaraan niaga kecil	295.37
3	Kendaraan niaga besar	281.14
4	Sepeda motor	427.05
Solar :		
5	Kendaraan penumpang	11.86
6	Kendaraan niaga kecil	15.81
7	Kendaraan niaga besar	35.57
8	Sepeda motor	24.11

Sumber : Jinca.2009

Perhitungan Sisa Emisi Karbon

Perhitungan sisa emisi bertujuan untuk mengetahui sisa emisi CO pada lokasi penelitian.

$$Sisa\ Emisi\ CO = A \left(\frac{ton}{tahun} \right) - B \left(\frac{ton}{tahun} \right)$$

Keterangan

- A = Total Emisi CO
- B = Total daya serap CO oleh tumbuhan (Velayati, 2012)

Konversi CO ke CO₂

Tumbuhan memerlukan CO₂ dalam proses fotosintesis sebagai sumber energy. Gas CO melalui proses alamiah di atmosfer dapat teroksidasi menjadi CO₂. Maka dalam hal ini dilakukan Konversi dari CO ke CO₂ :

$$K = \left(\frac{M}{MrCO} \right) \times MrCO_2$$

Keterangan :
 K = Emisi CO₂
 M = Massa CO (ton/tahun)
 Mr = CO sebesar 28 ; CO₂ sebesar 44
 Sumber : Mulyadin dan Gusti. 2013

Perhitungan Daya Serap

Kemampuan daya serap jalur hijau dihitung berdasarkan jumlah, jenis pohon dan kemampuan daya serap pohon yang berada di lokasi penelitian.

Kemampuan Daya Serap Jalur Hijau = $A_i \times B_i$

Keterangan : A = Jumlah Pohon
 B = Daya Serap Pohon

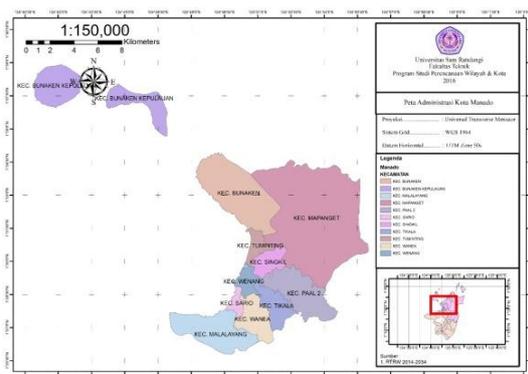
Sumber : Khoiroh.2014

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas gambaran umum lokasi penelitian serta analisis – analisis yang dijelaskan pada bagian metodologi.

Gambaran Umum Lokasi

Kota Manado adalah ibukota provinsi Sulawesi Utara yang berdiri berdasarkan UU No.22 tentang Pemerintahan Daerah. Secara geografis, Kota Manado terletak pada 1°30' - 1°40' Lintang utara dan 124° 40' - 12650' Bujur Timur.



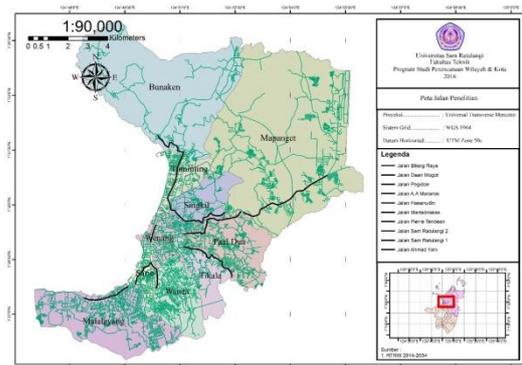
Gambar 1.Peta Administrasi Kota Manado

Sumber :Penulis, 2016

Penelitian ini dilakukan di 10 jalur hijau jalan di 10 kecamatan di kota Manado. 10 kecamatan tersebut yaitu kecamatanmalalayang, Sario, Wanea, Wenang, Tikala, Paal Dua, Mapanget, Singkil, Tuminting dan Bunaken. Berikut ini merupakan Tabel lokasi koridor jalan dan jalur hijau pada tiap kecamatan :

Tabel 5. Lokasi Koridor Jalan dan Jalur Hijau

No	Kecamatan	Nama Jalan	Panjang jalan (Km)
1	Malalayang	Jl. Pierre Tendean	2.5
2	Sario	Jl. Ahmad Yani	1.4
3	Wanea	Jln Sam Ratulangi 2	1.5
4	Wenang	Jl. Sam Ratulangi 1	1
5	Tikala	Jl. Daan Mogot	3.5
6	Paal 2	Jl. Martadinata	3.7
7	Mapanget	Jl. A.A Maramis	4.7
8	Singkil	Jl. Arie Lasut	4.4
9	Tuminting	Jl. Pogidon	1.4
10	Bunaken	Jl. Bailang Raya	2.1



Gambar 2.Peta Lokasi Penelitian

Sumber :Penulis, 2016

Perhitungan Volume Kendaraan

Setelah dilakukan survey di masing-masing koridor jalan, didapati jumlah kendaraan yang melintas selama 6 jam.

Tabel 6. Rekapitulasi Volume Kendaraan Interval 6 Jam

No.	Jenis Kendaraan	Kecamatan (Koridor Jalan)										Jumlah Kendaraan
		10 Ahmad Yani	10 Sam Ratulangi (1)	Wanea	Wenang	Tikala	Paal 2	Mapanget	Singkil	Tuminting	Bunaken	
1	Segelot Motor	10815	6110	8055	5869	10912	8093	5602	5640	7303	3223	71612
2	Mini Bus	5917	5166	6073	3202	8065	7249	1914	1862	4081	447	43979
3	Mini Bus Seder	722	327	651	171	398	947	388	568	498	95	5285
4	Motor	2429	1594	2990	1626	3090	1093	1582	1234	2159	119	17916
5	Sedan	1981	1391	2441	726	2790	3323	745	559	729	83	13768
6	Truk Kecil/ Pick up	556	177	529	331	939	888	407	332	570	159	4888
7	Truk Kecil/ Pick up Seder	140	67	149	165	469	515	144	138	132	84	2003
8	Truk Seder	71	41	82	105	301	470	76	145	205	48	1544
9	Truk Besar	23	7	6	15	48	137	20	9	90	3	358
10	Bus Seder	14	24	34	29	64	158	20	19	15	0	377
11	Bus Besar	10	3	6	0	33	132	0	0	2	0	186
	Jumlah	22678	14907	21016	12339	27612	22925	10898	10500	15874	3261	161916

Sumber :Penulis, 2016

Berdasarkan Tabel6. jumlah kendaraan yang berada pada 10 koridor pada 10 kecamatan mencapai 161.916 kendaraan. Volume kendaraan tertinggi ada di kecamatan Paal 2 dengan 27.612 kendaraan.sedangkan, terendah di kecamatan Bunaken dengan 3.261 kendaraan.

Dan kendaraan sepeda motor mencapai 71612 Kendaraan.

Tabel 7. Rekapitulasi Volume Kendaraan

No.	Kecamatan (Koridor Jalan)	Volume Kendaraan/ Jam	Volume Kendaraan/ Hari	Volume Kendaraan/ Bulan	Volume Kendaraan/ Tahun
1	Sario (Jl. Ahmad Yani)	3.780	90.712	2.721.360	32.656.320
2	Wanea (Jl. Sam Ratulangi 2)	2.485	59.628	1.788.840	21.466.080
3	Wenang (Jl. Sam Ratulangi 1)	3.503	84.064	2.521.920	30.263.040
4	Tikala (Jl. Daan Mogot)	2.040	48.956	1.468.680	17.624.160
5	Paal 2 (Jl. Martadinata)	4.602	110.448	3.313.440	39.761.280
6	Mapanget (Jl. A.A Maramis)	3.821	91.700	2.751.000	33.012.000
7	Tuminting (Jl. Pogidon)	1.816	43.592	1.307.760	15.693.120
8	Singkil (Jl. Arie Lasut)	1.751	42.024	1.260.720	15.128.640
9	Malalayang (Jl. Pierre Tendean)	2.646	63.496	1.904.880	22.858.560
10	Bunaken (Jl. Bailang Raya)	544	13.044	391.320	4.695.840
	Jumlah	26.986	647.664	19.429.920	233.159.040

yang melewati lokasi penelitian perhari mencapai 647.664 kendaraan/hari dengan volume kendaraan tertinggi di kecamatan Paal 2 pada koridor jalan Jl. Martadinata sebanyak 110.448 kendaraan/hari dan terendah di kecamatan Bunaken pada koridor jalan Jl. Bailang Raya sebanyak 13.044 kendaraan/hari dan jumlah kendaraan se-tahun mencapai 233.159.040.

Perhitungan Emisi

Perhitungan emisi Gas Rumah Kaca ini untuk menjawab besaran emisi CO yang dihasilkan dari aktivitas transportasi perkotaan. Analisis Emisi Gas Rumah Kaca dihitung dengan persamaan 2 dengan data-data yang di butuhkan adalah data jumlah kendaraan (Tabel 7), factor emisi (Tabel 3), konsumsi bahan bakar (Tabel 4) dan panjang jalan (5). hasil perhitungan bisa dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Emisi Karbonmonoksida (CO) Ton/Tahun

No.	Jenis Kendaraan	Koridor Jalan										Jumlah Total
		(Jl. Ahmad Yani)	(Jl. Sam Ratulangi 2)	(Jl. Sam Ratulangi 1)	(Jl. Daan Mogot)	(Jl. Martadinata)	(Jl. A.A Maramis)	(Jl. Pogidon)	(Jl. Arie Lasut)	(Jl. Pierre Tendean)	(Jl. Bailang)	
1	Sepeda Motor	247.672	148.918	131.761	336.012	660.433	691.393	128.290	405.933	302.331	76.362	3.130.110
2	Mini Bus Bensin	650.638	608.633	476.994	880.236	2.344.648	2.675.999	210.463	643.490	801.339	73.728	9.366.175
3	Mini Bus Solar	1.961	951	1.263	1.161	6.446	8.817	1.053	4.848	2.415	387	29.303
4	Mobil Penumpang/Mikro	267.094	187.797	234.344	446.990	897.987	403.485	173.958	426.459	423.938	19.628	3.482.185
5	Sedan	201.019	151.231	176.926	184.174	748.223	791.356	75.597	178.274	232.490	12.633	2.751.928
6	Truk Kecil/Pick up Bensin	26.350	9.158	18.247	39.961	119.844	143.966	19.654	50.389	49.154	11.517	488.745
7	Truk Kecil/Pick up Solar	474	259	360	1.398	4.203	5.863	488	1.470	799	427	15.747
8	Truk Sedang Solar	771	477	636	2.851	8.642	17.141	825	4.950	3.976	549	40.823
9	Truk Besar Solar	260	85	48	425	1.439	5.217	226	320	1.823	51	9.898
10	Bus Sedang Solar	43	80	75	226	527	1.653	62	186	83	0	2.938
11	Bus Besar Solar	40	12	17	0	352	1.789	0	0	14	0	2.226
	Jumlah	1.396.822	1.108.601	1.041.171	1.893.434	4.792.744	4.746.679	610.618	1.716.319	1.818.362	195.282	19.320.085

Sumber :Penulis, 2016

Berdasarkan Tabel 8 bisa dilihat bahwa jumlah emisi yang di hasilkan oleh aktivitas transportasi perkotaan di kota Manado mencapai 19.320.085ton/tahun dan jenis

kendaraan yang paling dominan adalah mini bus bensin dengan besar emisi 9.366.175 Ton/Tahun.

Konversi Emisi CO ke CO₂

Setelah didapati jumlah emisi Karbonmonoksida (CO) di masing-masing lokasi penelitian, maka akan dilakukan konversi CO ke CO₂.

Tabel 9. Hasil emisi sesudah konversi

Sumber :Penulis, 2016

Berdasarkan Tabel 9 bisa dilihat jumlah emisi CO 19.320.085 ton/tahun meningkat

No.	Kecamatan	Koridor Jalan	Emisi CO	emisi CO ₂
1	Sario	Jl. Ahmad Yani	1.396.822	2.195.006
2	Wanea	Jl. Sam Ratulangi 1	1.108.601	1.742.087
3	Wenang	Jl. Sam Ratulangi 2	1.041.171	1.636.126
4	Tikala	Jl. Daan Mogot	1.893.434	2.975.396
5	Paal 2	Jl. Martadinata	4.792.744	7.531.455
6	Mapanget	Jl. A.A Maramis	4.746.679	7.459.067
7	Tuminting	Jl. Pogidon	610.618	959.543
8	Singkil	Jl. Arie Lasut	1.716.319	2.697.073
9	Malalayang	Jl. Pierre Tendean	1.818.362	2.857.426
10	Bunaken	Jl. Bailang Raya	195.282	306.872
			19.320.085	30.360.050,29

menjadi 30.360.050 ton/tahun setelah dikonversi ke CO₂.

No.	Jenis pohon	Koridor Jalan										Jumlah
		(Jl. Ahmad Yani)	(Jl. Sam Ratulangi 2)	(Jl. Sam Ratulangi 1)	(Jl. Daan Mogot)	(Jl. Martadinata)	(Jl. A. A Maramis)	(Jl. Pogidon)	(Jl. Arie Lasut)	(Jl. Pierre Tendean)	(Jl. Bailang)	
1	Angsana	181	218	120	108	38	162	181	156	108	142	1414
2	Mahoni	13	9	11	293	79	26	71	13	93	203	811
3	Trambesi	0	0	16	90	106	93	1	167	134	431	1038
4	Beringin	0	0	0	0	0	4	1	0	10	0	15
5	Krey Payung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
6	Asam Jawa	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	Jumlah	194	231	147	491	223	285	254	336	345	779	3285

Jumlah Pohon

Setelah dilakukan survey jalur hijau jalan pada lokasi penelitian maka didapati jumlah pohon dari 10 koridor jalan penelitian pada 10 kecamatan sebagai berikut :

Tabel 9. Jumlah pohon pada masing-masing koridor jalan

Sumber :Penulis, 2016

Berdasarkan Tabel 9 bisa dilihat bahwa jumlah pohon yang didapati di lokasi penelitian adalah 3285 pohon, jenis pohon Angsana merupakan jenis pohon paling banyak di kota Manado dengan jumlah 1414 pohon kemudian diikuti jenis pohon Trambesi dengan 1038

No.	Jenis pohon	Koridor Jalan										Jumlah(Ton)
		(Jl. Ahmad Yani)	(Jl. Sam Ratulangi 2)	(Jl. Sam Ratulangi 1)	(Jl. Daan Mogot)	(Jl. Martadinata)	(Jl. A. A Maramis)	(Jl. Pogidon)	(Jl. Arie Lasut)	(Jl. Pierre Tendean)	(Jl. Bailang)	
1	Angsana	2,01	2,42	1,33	1,20	0,42	1,80	2,01	1,73	1,20	1,58	15,72
2	Mahoni	3,84	2,66	3,25	86,65	23,36	7,69	21,00	3,84	27,50	60,03	239,84
3	Trambesi	0,00	0,00	455,17	2560,36	3015,53	2645,70	28,45	4750,88	3812,08	12261,26	29529,43
4	Beringin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	0,54	0,00	5,36	0,00	8,04
5	Krey Payung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	1,21
6	Asam Jawa	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	Jumlah	5,86	5,09	459,76	2648,20	3039,31	2637,33	51,99	4736,46	3846,15	12324,08	29794,25

pohon. Sedangkan jenis pohon paling sedikit adalah Krey Payung yang hanya berjumlah 3 pohon.

Daya Serap Jalur Hijau

Rekapitulasi perhitungan daya serap dari hasil perhitungan sebelumnya bisa dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 10. Rekapitulasi daya serap di tiap koridor jalan

Sumber : Penulis, 2016

Berdasarkan Tabel 10 bisa dilihat bahwa jumlah daya serap pohon terhadap CO₂ di lokasi penelitian berjumlah 29794,25 ton/tahun dan jenis pohon Trambesi merupakan pohon dengan daya serap Karbondioksida terbanyak dengan 29529,43 ton/tahun, sedangkan yang paling sedikit pohon Asam Jawa hanya 0.0065 ton.

Sisa Emisi CO₂

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui sisa beban emisi CO₂ pada masing-masing lokasi penelitian. Data yang dibutuhkan dalam analisis ini adalah data emisi CO₂ per tahun (Tabel 8) dan kemampuan daya serap pohon (Tabel 10). setelah didapati kemampuan jalur hijau dalam menyerap emisi Karbondioksida pada masing-masing lokasi penelitian, maka hasil tersebut akan di kurangi dengan jumlah total emisi CO₂, Hasil perhitungan bias dilihat pada Tabel berikut :

No.	Koridor Jalan	Daya Serap CO ₂ (Ton/Tahun)	Emisi CO ₂ (Ton/Tahun)	Sisa Emisi (Ton/Tahun)
1	Jl. Ahmad Yani	5,86	2.195.006,00	2.195.000,14
2	Jl. Sam Ratulangi 1	5,09	1.742.087,29	1.742.082,19
3	Jl. Sam Ratulangi 2	459,76	1.636.125,86	1.635.666,10
4	Jl. Daan Mogot	2.648,20	2.975.396,29	2.972.748,08
5	Jl. Martadinata	3.039,31	7.531.454,86	7.528.415,54
6	Jl. A. A Maramis	2.657,33	7.459.067,00	7.456.409,67
7	Jl. Pogidon	51,99	959.542,57	959.490,58
8	Jl. Arie Lasut	4.756,46	2.697.072,71	2.692.316,25
9	Jl. Pierre Tendean	3.846,15	2.857.426,00	2.853.579,85
10	Jl. Bailang Raya	12.324,08	306.871,71	294.547,63
		29.794,25	30.360.050,29	30.330.256,04

Tabel 11. Sisa beban emisi CO₂

Berdasarkan Tabel 4.43 bisa disimpulkan bahwa jalur hijau jalan dari 10 lokasi penelitian belum mampu menyerap emisi Karbondioksida yang di hasilkan oleh kendaraan bermotor

karena masih terdapat sisa emisi pada masing-masing jalan.

Upaya Menyerap Sisa Emisi

Upaya untuk menyerap sisa emisi adalah dengan meningkatkan kualitas maupun kuantitas vegetasi jalur hijau. Hal ini di lakukan berdasarkan hasil analisis di lokasi penelitian bahwa belum seluruhnya koridor jalan di Kota Manado telah memiliki jalur hijau.

Pohon yang direkomendasikan adalah pohon Trambesi atau *Samanea saman*. Jenis pohon ini mampu menyerap emisi sebesar 28.448,39ton/pohon/tahun dan menjadi pohon terbaik dibandingkan dengan jenis pohon lain (Dahlan.2007).



Gambar 3. Pohon Trambesi

Sumber : Penulis, 2016

Jika diketahui daya serap CO₂ pada pohon Trambesi sebesar 28.448,89 ton/pohon/tahun, maka dapat diketahui jumlah pohon Trambesi yang harus di tanam sebanyak :

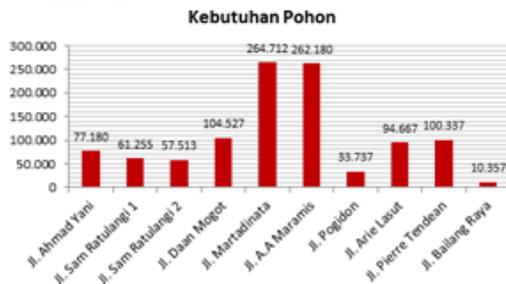
$$\text{Jumlah Pohon Trambesi} = \frac{30.330.256,04 \text{ ton/tahun}}{28,44 \text{ ton/pohon/tahun}}$$

$$= 1.066.465 \text{ pohon}$$

Tabel 12. Kebutuhan pohon pada jalur hijau di Kota Manado

No.	Koridor Jalan	Sisa Emisi (Ton Tahun)	Daya Serap Pohon Trambesi (ton-tahun)	Pohon Yang dibutuhkan
1	Jl. Ahmad Yani	2.195.000,14	28,44	77.180
2	Jl. Sam Ratulangi 1	1.742.082,19		61.255
3	Jl. Sam Ratulangi 2	1.635.666,10		57.513
4	Jl. Daan Mogot	2.972.748,08		104.527
5	Jl. Martadinata	7.528.415,54		264.712
6	Jl. A.A Maramis	7.456.409,67		262.180
7	Jl. Pogidon	959.490,58		33.737
8	Jl. Arie Lasut	2.692.316,25		94.667
9	Jl. Pierre Tendean	2.853.579,85		100.337
10	Jl. Bailang Raya	294.547,63		10.357
	Jumlah	30.330.256,04		1.066.465

Sumber : Penulis, 2016



Gambar 4. Grafik Kebutuhan Pohon di Kota Manado

Sumber : Penulis, 2016

Berdasarkan Tabel 12 dan Gambar 4 bisa dilihat jumlah pohon Trambesi yang dibutuhkan di lokasi penelitian adalah sebanyak 1.066.465 pohon Trambesi untuk dapat menyerap sisa emisi di kota Manado, dan koridor jalan A.A Maramis yang paling banyak sebesar 264.712 pohon Trambesi dan koridor jalan Jl. Bailang

Raya yang paling sedikit sebanyak 10.357 pohon Trambesi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan tujuan dalam penelitian pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Besaran emisi Karbonmonoksida(CO) yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi perkotaan di kota Manado mencapai 1.610.007 ton/ bulan atau 19.320.085 ton/tahun, emisi Karbonmonoksida(CO) ini dihasilkan dari 19.429.920 kendaraan/bulan atau 233.159.040 kendaraan/ tahun.
2. Berdasarkan hasil analisis perhitungan daya serap didapatkan bahwa daya serap eksisting jalur hijau pada koridor jalan utama terhadap Karbondioksida(CO₂) mencapai 29.794,25 ton/tahun, jumlah daya serap tersebut belum mampu menyerap emisi Karbondioksida(CO₂) yang dihasilkan kendaraan di lokasi penelitian.

Saran

Yang dapat disarankan dari hasil penelitian ialah sebagai berikut :

1. Perlu ditingkatkan kualitas dan kuantitas jalur hijau sehingga dapat berfungsi maksimal dalam menyerap emisi Karbon.
2. Melakukan pemeliharaan pohon yang ada di jalur hijau agar supaya tidak mengganggu aktivitas perkotaan.
3. Perlu adanya penelitian mengenai pengaruh umur pohon terhadap penyerapan emisi CO₂. Penelitian ini berguna untuk mendetailkan perhitungan dalam merencanakan vegetasi yang disesuaikan daya serapnya terhadap emisi yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusnar, H. dalam Harahap, Y, Y., 2013. Perbandingan Kadar Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No₂) Di Udara Ambien Berdasarkan Keberadaan Pohon Angsana (*Pterocarpus Indicus*) Di Beberapa Jalan Raya Di Kota Medan Tahun 2012. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Cengel, Yunus, A. dalam Cahyani, D. 2013. Potensi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pemanfaatan Kotoran Sapi Menjadi Biogas Skala Rumah Tangga Di Provinsi Lampung. *Skripsi*. Universitas Lampung : Bandar Lampung.

- Dahlan E,N. 2007. Jumlah Emisi Gas Co2 Dan Pemilihan Jenis Tanaman Berdaya Rosot Sangat Tinggi: Studi Kasus Di Kota Bogor. *Media Konservasi* Vol. 13, No. 2 Agustus 2008 : 85 – 89, IPB Press : Bogor.
- IPCC. dalam Suryani, Y. 2014. Analisa Kemampuan Jalur Hijau Jalan Sebagai Ruang Terbuka Hijau (Rth) Publik Untuk Menyerap Emisi Karbon Monoksida (Co) Dari Kendaraan Bermotor Di Kecamatan Genteng Surabaya. Penerbit ITS Press : Surabaya.
- Jinca. dalam Kusuma, W, P. 2010. Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi Terhadap Emisi Karbon Di Surabaya Bagian Barat. Penerbit ITS Press : Surabaya.
- Khoiroh, M. 2014. Analisis Kemampuan Jalur Hijau Jalan Sebagai Ruang Terbuka Hijau (Rth) Publik Untuk Menyerap Emisi Karbonmonoksida (Co) Dari Kendaraan Bermotor Di Kecamatan Sukolilo Surabaya. Penerbit ITS Press : Surabaya.
- Mulyadin dan Gusti. dalam Suryani, Y. 2014. Analisa Kemampuan Jalur Hijau Jalan Sebagai Ruang Terbuka Hijau (Rth) Publik Untuk Menyerap Emisi Karbon Monoksida (Co) Dari Kendaraan Bermotor Di Kecamatan Genteng Surabaya. Penerbit ITS Press : Surabaya.
- Nazaruddin. dalam Faizah, F. 2011. Model Sistem Dinamis Ruang Terbuka Hijau Kota Medan Berdasarkan Faktor - Faktor Lingkungan (Studi Kasus Di Kecamatan Medan Polonia Dan Medan Area). *Tesis*. Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Soedomo. dalam Fitri, G. 2009. Tingkat Polusi Udara Dari Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Berdasarkan Volume Lalu Lintas (Studi Kasus : Simpang Empat Bersinyal Kota Lhokseumawe). *Jurnal Reaksi*, Vol. 7 No. 16 Desember 2009. Politeknik Negeri Lhokseumawe : Lhokseumawe.
- Sugiarta, A. A. G. 2008. Dampak Bising dan Kualitas Udara Pada Lingkungan Kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*, Vol. 8 No. 2. (hal.162-167). Universitas Udayana, Bali.