

SEBARAN SPASIAL EMISI GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂) PADA KAWASAN PERMUKIMAN DI KECAMATAN SINGKIL KOTA MANADOIndra Wirana Jaya Gobel¹, Linda Tondobala², & Rieneke L. E Sela³¹Mahasiswa S1 Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota Universitas Sam Ratulangi Manado^{2&3}Staf Pengajar Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi ManadoEmail: indraa.gobel@gmail.com**Abstrak**

Saat ini Kota Manado menjadi kota yang memiliki aktivitas permukiman padat penduduk, dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 1,3% per tahun (BPS Kota Manado, 2018) hingga menyebabkan penurunan kualitas udara. Penggunaan bahan bakar untuk memasak merupakan salah satu penyumbang emis gas karbon dioksida (CO₂) pada sektor permukiman yang menyebabkan menurunnya kualitas udara. Wilayah penelitian berada di kawasan permukiman Kecamatan Singkil sebagai salah satu Kecamatan dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup signifikan di Kota Manado. Tujuan penelitian untuk menentukan faktor emisi spesifik (FES) serta menganalisis sebaran emisi CO₂ dan melakukan pemetaan tingkat emisi CO₂ pada kawasan permukiman Kecamatan Singkil Kota Manado. Penelitian ini menggunakan jenis data dan analisis kuantitatif kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode yang dikeluarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) dengan mengetahui terlebih dahulu besaran penggunaan bahan bakar untuk memasak tiap tahunnya serta menghitung besaran emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar untuk memasak setiap Kelurahan, kemudian menentukan faktor emisi spesifik (FES) yang diharapkan nilai dari FES tersebut dapat digunakan untuk menghitung estimasi jejak karbon, setelah diketahui emisi jejak karbon setiap kelurahan, kemudian dilakukan pemetaan tingkat emisi karbon dioksida (CO₂) agar penyebaran jejak karbon tersebut dapat terlihat mana wilayah yang menyumbang emisi karbon dioksida tertinggi, sedang, dan terendah. Karakteristik bahan bakar yang digunakan untuk memasak pada lokasi penelitian adalah LPG, Minyak Tanah dan Kayu Bakar, yang penggunaan pertahunnya sebesar 83.752 kg/tahun dengan nilai emisi CO₂ terhadap penggunaan bahan bakar untuk memasak sebesar 238 ton/tahun. FES tertinggi berada di Kelurahan Singkil Satu sebesar 0,6492 ton/tahun dan diikuti kelurahan lainnya. Hasil perhitungan nilai jejak karbon di Kecamatan Singkil sebesar 8.837,71 ton CO₂/tahun.

Kata Kunci: Spasial, Emisi Karbon Dioksida (CO₂), Kawasan Permukiman.**PENDAHULUAN**

Hasil sensus penduduk tahun 2018, diketahui bahwa jumlah penduduk Indonesia adalah sebanyak 262 juta jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk 1,36% per tahun dari sepuluh tahun terakhir (Badan Pusat Statistik Indonesia, tahun 2018). Dalam hal ini tercatat bahwa, Semakin meningkat jumlah penduduk maka semakin meningkat pula emisi gas rumah kaca khususnya karbon dioksida. Kota Manado sebagai ibukota provinsi Sulawesi Utara yang mengalami laju

pertumbuhan yang cukup signifikan dalam bidang pembangunan serta pemanfaatan lahan kota pun mengalami peningkatan dengan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 1,3% per tahun (BPS Kota Manado, 2018). Keadaan ini pula yang memicu Kota Manado menjadi Kota dengan aktivitas permukiman yang padat penduduk, hingga menyebabkan penurunan kualitas udara di Kota Manado. Tercatat pula bahwa sektor permukiman, merupakan salah satu penyumbang emisi karbon terbanyak dalam

penggunaan energi yakni dalam aktivitas penggunaan bahan bakar untuk memasak. Kecamatan Singkil sendiri, merupakan salah satu Kecamatan di Kota Manado yang pertumbuhan penduduk di tiap tahunnya meningkat dengan signifikan. Tercatat Kecamatan Singkil dari tahun 2015 sampai dengan 2018 memiliki peningkatan penduduk sebesar 1,1% penduduk dari total jumlah penduduk Kota Manado dalam kurun waktu 3 tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor emisi spesifik (FES) serta menganalisis sebaran emisi CO₂ dan melakukan pemetaan tingkat emisi CO₂ pada kawasan permukiman Kecamatan Singkil Kota Manado. Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan menggunakan metode yang dikeluarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) untuk menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) dan Jejak Karbon untuk mengetahui tingkat emisi di Kecamatan Singkil Kota Manado.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Pemanasan Global

Pemanasan global diartikan sebagai kenaikan temperatur muka bumi yang disebabkan oleh efek rumah kaca dan berakibat pada perubahan iklim.

Gas Rumah Kaca

- Gas rumah kaca atau biasa disingkat dengan GRK merupakan kumpulan gas-gas yang dianggap mampu meningkatkan potensi pemanasan global oleh para ilmuwan di seluruh dunia. Disebut GRK karena cara kerja gas-gas tersebut adalah seperti rumah kaca yang berfungsi menahan panas untuk keluar dari sistem sehingga mengakibatkan perubahan suhu Bumi (Jhamtani et.al, 2007).
- Gas-gas yang tergolong sebagai GRK adalah karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogenoksida (N₂O), hidroflorokarbon (HFC), perflorokarbon (PFC), dan sulfurheksaklorida (SF₆). Keenam GRK tersebut adalah gas-gas berdasarkan Protokol Kyoto yang dianggap bertanggung jawab dalam peningkatan

pemanasan global.

Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon merupakan salah satu bahan yang terdapat di udara sebagai karbon dioksida (CO₂), di air sebagai CO₂ terlarut, dan di tanah sebagai bebatuan karbonat. Karbon adalah bahan dasar penyusun semua kehidupan, senyawa-senyawa ini dimakan oleh konsumen, sehingga karbon berpindah-pindah dari tanaman ke hewan dan dari hewan kembali lagi ke udara berupa gas (Gonick dan Outwater 2004).

Kawasan Permukiman

Permukiman sering disebut perumahan begitu pula sebaliknya, tetapi pada dasarnya keduanya memiliki arti yang berbeda. Perumahan adalah kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni (Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman). Perumahan juga dikenal dengan istilah *housing*. *Housing* berasal dari bahasa Inggris yang memiliki arti kelompok rumah. Berbeda dengan perumahan, Permukiman merupakan lingkungan tempat tinggal manusia dan sekaligus berfungsi sebagai pendukung perikehidupan dan penghidupan para penghuninya. Perumahan lebih tepat didefinisikan sebagai sekelompok atau sekumpulan rumah. Terdapat perbedaan pengertian antara permukiman dan perumahan. Permukiman berasal dari kata pemukim. Dari asal katanya, terdapat tiga istilah penting dalam permukiman yang berbeda maknanya, yaitu: pemukim, pemukiman, dan permukiman.

- Pemukim ialah penghuni suatu tempat atau rumah. Pemukim memiliki arti seseorang yang menghuni suatu tempat tinggal.
- Pemukiman berasal dari kata pemukiman dengan akhiran an. Secara ilmu bahasa, kata pemukiman tergolong ke dalam kata kerja yang sama dengan to *settle*. Dari pembentukan katanya, pemukiman memiliki arti tindakan memukiman. Artinya, pemukiman adalah suatu tindakan

untuk memukimkan seseorang pada suatu lokasi atau tempat tinggal tertentu.

- Permukiman secara ilmu bahasa, kata permukiman tergolong ke dalam kata benda. Dalam bahasa Inggris, permukiman dikenal sebagai *human settlement*, yaitu: suatu kumpulan manusia baik itu berada di kota maupun desa, lengkap dengan aspek-aspek sosial, spiritual, dan nilai-nilai budaya yang menyertainya.

Emisi Karbon Dioksida (CO2) Pada Sistem Perumahan Perkotaan

Pencemaran yang diakibatkan oleh emisi CO2 bersumber dari 2 (dua) 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 (*antropogenik*) konsentrasinya relatif lebih tinggi sehingga mengganggu sistem kesetimbangan di udara dan pada akhirnya merusak lingkungan dan kesejahteraan manusia. Lebih jauh juga, emisi karbon yang berasal dari konsumsi energi rumah tangga atas penggunaan bahan bakar organik (fosil) dan listrik erat berhubungan dengan tingkat penghasilan masyarakat (Bhattacharyya dan Ghoshal, 2010).

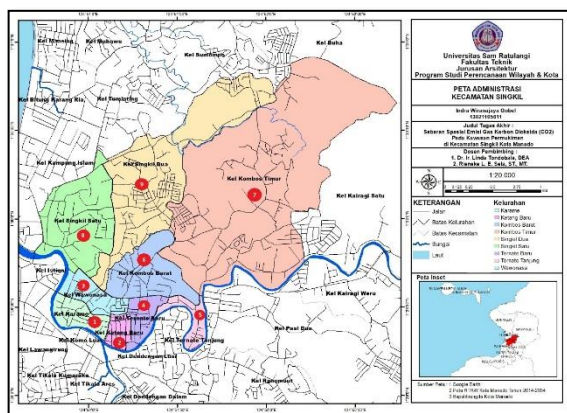
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis data dan analisis kuantitatif kemudian dilakukan perhitungan menggunakan metode yang dikeluarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Variabel yang digunakan dalam penelitian sebaran spasial emisi gas karbon dioksida pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil yaitu volume penggunaan bahan bakar untuk memasak tiap tahunnya (setiap kelurahan di Kecamatan Singkil) dan jenis bahan bakar yang di gunakan untuk memasak (LPG, Minyak Tanah dan Kayu Bakar).

Lokasi Penelitian

Penelitian ini di lakukan di Kecamatan Singkil Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. Wilayah Kota Manado terdiri dari wilayah daratan dan wilayah kepulauan dengan luas keseluruhan 15.726 Ha. Fokus penelitian ini yaitu untuk

mengetahui besaran emisi gas karbon dioksida yang berada pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil sebagai salah satu langkah dalam hal Penurunan Emisi GRK dan sesuai dengan PP No.71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional yang menyatakan bahwa setiap daerah pemerintahan daerah kabupaten/kota wajib melakukan kegiatan inventarisasi GRK, mencanangkan langka awal untuk melakukan suatu rencana aksi, mitigasi perubahan iklim dengan melakukan inventarisasi GRK.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metode Pengumpulan Data

- Data Primer: penggunaan bahan bakar untuk memasak jenis LPG, minyak tanah dan kayu bakar meliputi volume penggunaannya. Data primer tersebut diperoleh dari survei lapangan melalui wawancara.
- Data Sekunder: jumlah rumah tangga serta peta di kecamatan tersebut. Jumlah rumah tangga diketahui atau didapati dari data yang dimiliki oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Manado

Metode Analisis

Setelah itu dilakukan analisis:

1. Menghitung besaran emisi CO2 sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan pada Kawasan Permukiman Di Kecamatan Singkil Kota Manado dengan berdasarkan sampel yang telah ditentukan yaitu 389 sampel rumah tangga dimana hal tersebut membagi wilayah berdasarkan tiap

kelurahan yang terdapat pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado yaitu terdapat 9 kelurahan. Rumus yang digunakan untuk menghitung emisi karbon berdasarkan IPCC (2006) adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Konsumsi Bahan Bakar} \times \text{FE} \times \text{NCV}$$

2. Penentuan faktor emisi spesifik (FES) yang mempengaruhi besaran emisi karbon dioksida (CO₂) pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil ini didasarkan pada pola konsumsi bahan bakar untuk memasak dari jumlah rumah tangga di wilayah permukiman. Persamaan yang digunakan:

$$\text{FES} = \frac{\text{Emisi (ton CO}_2\text{/tahun)}}{\text{jumlah rumah tinggal}}$$

3. Mengestimasi jejak karbon pada penelitian ini merupakan emisi Karbon Dioksida CO₂ primer yang ditimbulkan dari aktivitas penggunaan bahan bakar untuk memasak oleh rumah tangga pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil. Estimasi jejak karbon dilakukan dengan perhitungan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{DA} \times \text{FE}$$

4. Memetakan kawasan permukiman Kecamatan Singkil berdasarkan sebaran spasial emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) yang dilakukan dengan menggunakan analisis berbasis GIS (Geographic Information System). Prosesnya dengan melakukan analisis spasial dengan metode interpolasi *inverse distance weight* (IDW). Metode interpolasi IDW dilakukan untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil wawancara terhadap 389 rumah tangga responden yang tersebar acak pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado, menunjukkan bahwa dari 389 responden, 304 responden menggunakan bahan

bakar LPG, 72 responden menggunakan minyak tanah dan 13 responden menggunakan kayu bakar.

Tabel 2. Konsumsi Bahan Bakar Memasak Per Tahun Berdasarkan Sampel

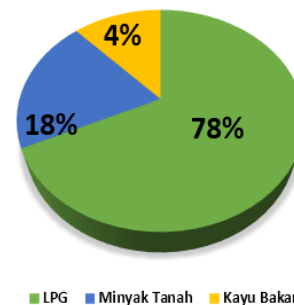
No.	Kelurahan	Konsumsi bahan bakar memasak per tahun berdasarkan sampel			Jumlah
		LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar	
1.	Karame	31	3	-	34
2.	Ketang Baru	24	3	-	27
3.	Wawonasa	22	5	-	27
4.	Ternate Baru	24	5	1	30
5.	Ternate Tanjung	29	4	-	33
6.	Kombos Barat	31	11	2	44
7.	Kombos Timur	50	12	3	65
8.	Singkil Satu	48	14	4	66
9.	Singkil Dua	45	15	3	63
Jumlah		304	72	13	389

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

A. Besaran Penggunaan Bahan Bakar Untuk Memasak Serta Besaran Kontribusi Emisi (CO₂) Pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Singkil Kota Manado Per Rumah Tangga

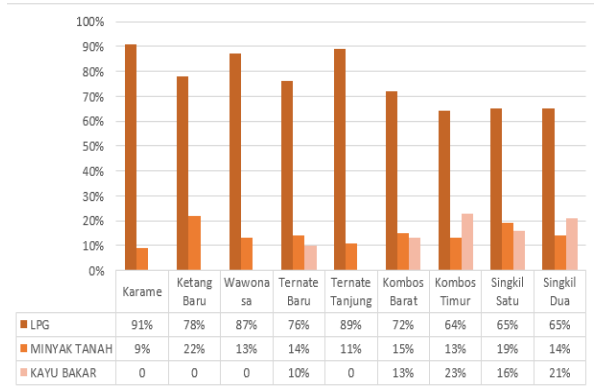
Besaran Penggunaan Bahan Bakar Untuk Memasak

Seperti yang diketahui bahwa masyarakat yang berada di kedua wilayah studi mengonsumsi 3 (tiga) jenis bahan bakar untuk memasak yaitu LPG, Minyak Tanah, dan Kayu Bakar. Dengan proporsi sebagai berikut:



Gambar 2. Persentase Penggunaan Bahan Bakar Untuk Memasak di Kecamatan Singkil Kota Manado Per Rumah Tangga

Berikut adalah persentase hasil perhitungan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak berdasarkan jumlah sampel pada tiap Kelurahan di Kecamatan Singkil.



Gambar 3. Persentase Penggunaan Bahan Bakar Untuk Memasak Berdasarkan Jumlah Sampel di Kecamatan Singkil Kota Manado

Nilai faktor emisi dan *Net Calorific Value* (NCV) dari setiap jenis bahan bakar memasak dalam penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan oleh IPCC (2006). Adapun besaran faktor emisi dan NCV tiap jenis bahan bakar memasak dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Faktor Emisi dan *Net Calorific Value* (NCV) Berdasarkan Jenisnya

Bahan Bakar	Faktor Emisi (gr /MJ)	NCV
LPG	63,1	47,3
Minyak Tanah	71,9	43,8
Kayu Bakar	112	15

Sumber: IPCC, 2006

Besaran Kontribusi Emisi CO₂ dari Penggunaan Bahan Bakar Tiap Tahun

Selanjutnya dilakukan perhitungan besaran kontribusi emisi gas karbon dioksida (CO₂) menggunakan rumus perhitungan emisi karbon dioksida (CO₂) sesuai jenis bahan bakar memasak yang digunakan pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil. Berikut adalah contoh perhitungan emisi CO₂ dari 1 responden pengguna bahan bakar jenis LPG:

Data Responden:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi LPG} &= 9 \text{ kg/bulan} \\ \text{FE LPG} &= 63,1 \text{ gr/MJ} \\ \text{NCV LPG} &= 47,3 \text{ MJ/kg} \\ \text{Emisi CO}_2 &= 108 \text{ kg/tahun} \times \\ & \quad 63,1 \text{ gr/MJ} \times 47,3 \\ & \quad \text{MJ/kg} \\ &= 322340,04 \text{ gr CO}_2/ \\ & \quad \text{tahun} \\ &= 0,3223 \text{ ton CO}_2/ \\ & \quad \text{tahun} \end{aligned}$$

Berikut contoh perhitungan emisi CO₂ dari 1 responden pengguna bahan bakar jenis minyak tanah:

Data Responden Minyak Tanah:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Minyak Tanah} &= 15 \text{ liter/bulan} \\ \text{FE Minyak Tanah} &= 71,9 \text{ gr/MJ} \\ \text{NCV Minyak Tanah} &= 43,8 \text{ MJ/kg} \\ \text{Emisi CO}_2 &= 144 \text{ kg/tahun} \times \\ & \quad 71,9 \text{ gr/MJ} \times \\ & \quad 43,8 \text{ MJ/kg} \\ &= 453487,68 \text{ gr} \\ & \quad \text{CO}_2/ \text{ tahun} \\ &= 0,4534 \text{ ton} \\ & \quad \text{CO}_2/ \text{ tahun} \end{aligned}$$

Sedangkan contoh perhitungan emisi CO₂ dari 1 responden pengguna bahan bakar jenis kayu bakar adalah sebagai berikut:

Data Responden Kayu Bakar:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Kayu Bakar} &= 100 \text{ kg/bulan} \\ \text{FE Kayu Bakar} &= 112 \text{ gr/MJ} \\ \text{NCV Kayu Bakar} &= 15 \text{ MJ/kg} \\ \text{Emisi CO}_2 &= 1200 \text{ kg/tahun} \\ & \quad \times 112 \text{ gr/MJ} \times \\ & \quad 15 \text{ MJ/kg} \\ &= 2016000 \text{ gr} \\ & \quad \text{CO}_2/ \text{ tahun} \\ &= 0,2016 \text{ ton} \\ & \quad \text{CO}_2/ \text{ tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan serupa dilakukan untuk seluruh responden dan diakumulasikan berdasarkan jenis bahan bakar memasak pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil. Dengan menggunakan perhitungan di atas maka hasil emisi CO₂ yang dihasilkan oleh 389 rumah

sebagai responden pada kawasan permukiman Kecamatan Singkil dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Besaran Kontribusi Emisi Karbon Dioksida CO2 Per Tahun

No.	Kelurahan	Emisi Jenis Bahan Bakar (ton/tahun)			Total Emisi (ton/tahun)
		LPG	Minyak Tanah	Kayu Bakar	
1.	Karame	17,83	1,81	-	19,64
2.	Ketang Baru	13,32	4,10	-	17,42
3.	Wawonasa	14	2,26	-	16,26
4.	Ternate Baru	13,75	2,72	1	17,47
5.	Ternate Tanjung	17,19	2,26	-	19,45
6.	Kombos Barat	17,83	5,37	2	25,2
7.	Kombos Timur	28,47	6,34	6,05	40,86
8.	Singkil Satu	29,76	9,06	4,03	42,85
9.	Singkil Dua	24,39	9,52	5,04	38,95
Jumlah		176,51	43,47	18,12	238

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Hasil perhitungan emisi CO2 dari penggunaan bahan bakar memasak oleh responden di Kecamatan Singkil menunjukkan hasil yang cukup besar yaitu dengan jumlah 238 ton/tahun dengan emisi CO2 tertinggi oleh penggunaan LPG yaitu sebesar 176,51 ton/tahun diikuti minyak tanah sebesar 43,47 ton/tahun dan kayu bakar 18,12 ton/tahun. Emisi CO2 tertinggi berada di Kelurahan Singkil Satu yaitu sebesar 42,85 ton/tahun kemudian diikuti Kelurahan Kombos Timur sebesar 40,86 ton/tahun dan Kelurahan Singkil Dua sebesar 38,95 ton/tahun. Tingginya Total emisi disebabkan oleh adanya pengguna bahan bakar jenis minyak tanah dan kayu bakar yang memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dibandingkan kandungan karbon pada bahan bakar jenis LPG sehingga faktor emisi dari minyak tanah dan kayu bakar lebih tinggi dibandingkan dengan faktor emisi LPG.

B. Penentuan Faktor Emisi Spesifik Karbon dioksida (CO2) pada Permukiman di Kecamatan Singkil

Faktor emisi spesifik CO2 di Kelurahan

Wawonasa merupakan faktor emisi CO2 untuk penggunaan bahan bakar memasak. Bahan bakar yang dimaksud adalah LPG, Minyak Tanah dan Kayu Bakar.

Faktor emisi spesifik CO2 kawasan permukiman di Kecamatan Singkil:

$$FES = \frac{16,26 \text{ ton / tahun}}{28 \text{ rumah tangga}} = 0,5807 \text{ ton CO2/ rumah tangga}$$

Pada perhitungan ini, nilai emisi merupakan besar total emisi CO2 dari penggunaan bahan bakar oleh responden yang berada di Kelurahan Wawonasa, sedangkan jumlah rumah tangga merupakan total sampel rumah tangga yang berada di Kelurahan Wawonasa. Perhitungan seperti ini dilakukan pada 9 kelurahan yang terdapat pada kawasan permukiman Kecamatan Singkil Kota Manado sehingga hasil yang di dapat yaitu:

Tabel 5. Faktor Emisi Spesifik Karbon Dioksida CO2 Per Tahun di Tiap Kelurahan

No.	Kelurahan	Faktor Emisi CO2 (ton CO2/ rumah tangga. tahun)
1.	Wawonasa	0,5807
2.	Ternate Baru	0,5823
3.	Ternate Tanjung	0,6078
4.	Singkil Satu	0,6492
5.	Singkil Dua	0,6182
6.	Kombos Timur	0,6286
7.	Kombos Barat	0,5860
8.	Ketang Baru	0,6221
9.	Karame	0,5776

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

Hasil perhitungan faktor emisi CO2 di atas menunjukkan faktor emisi CO2 dari aktivitas penggunaan bahan bakar untuk memasak oleh tiap rumah tangga yang berada di masing-masing Kelurahan pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil.

C. Estimasi Jejak Karbon

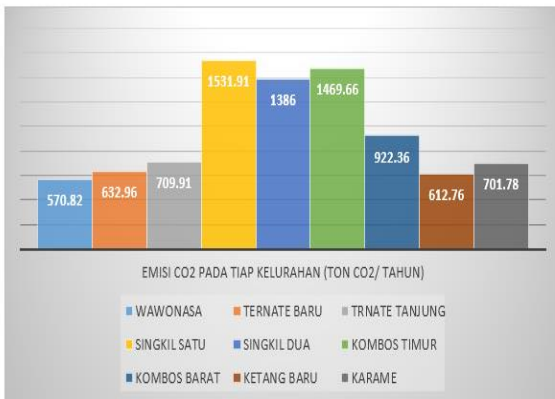
Perhitungan emisi jejak karbon dilakukan di tiap Kelurahan pada masing-masing wilayah studi. Berikut adalah contoh perhitungan emisi CO₂ pada wilayah permukiman di Kecamatan Singkil :

Data yang digunakan yaitu Kelurahan Wawonasa

Jumlah rumah tangga= 983 rumah tangga
Faktor emisi pada Kelurahan Wawonasa= 0,5807 ton CO₂/rumah tinggal
Emisi CO₂ pada kawasan permukiman di Kelurahan Wawonasa

$$\begin{aligned}
 &= DA \times FE \\
 &= 983 \times 0,4471 \\
 &= \mathbf{570,82 \text{ ton CO}_2}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama dengan menggunakan data aktivitas berupa jumlah rumah tangga pada masing-masing Kelurahan di Kecamatan Singkil yaitu sebanyak 9 Kelurahan.



Gambar 4. Tingkat Emisi CO₂ Setiap Kelurahan

Hasil perhitungan emisi CO₂ pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil menunjukkan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di wilayah ini tertinggi berada di Kelurahan Singkil Satu yaitu sebesar 1531,46 ton CO₂/tahun. Emisi CO₂ yang dihasilkan di wilayah ini menunjukkan nilai yang cukup tinggi.

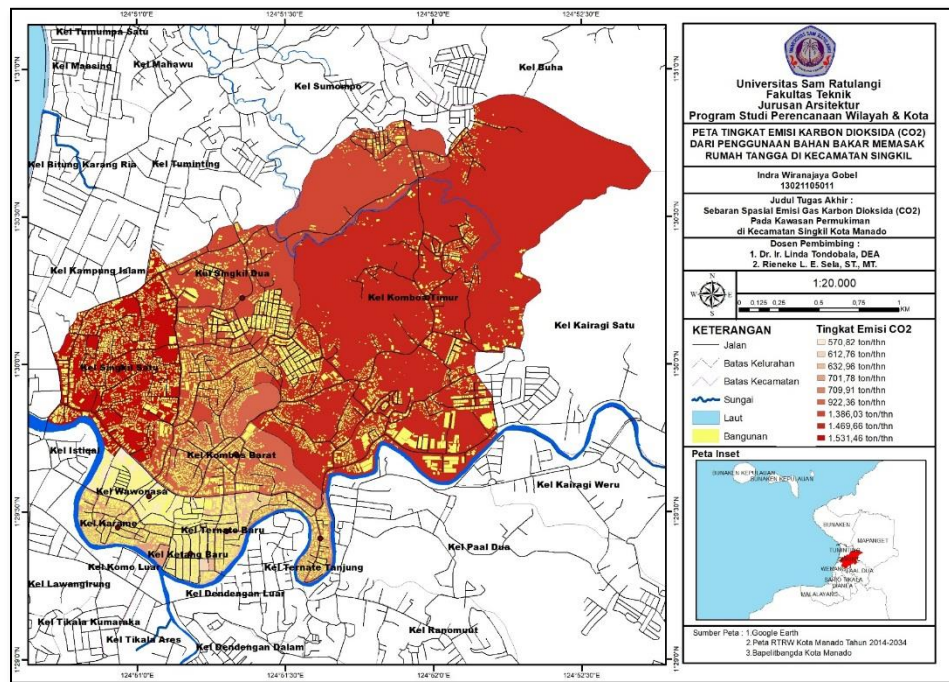
Tabel 6. Emisi CO₂ Setiap Kelurahan

No	Kelurahan	Jumlah Rumah Tangga Tiap Kelurahan	Total Emisi (ton/CO ₂)
1.	Karame	1.215	701,78
2.	Ketang Baru	985	612,76
3.	Wawonasa	983	570,82
4.	Ternate Baru	1.087	632,96
5.	Ternate Tanjung	1.168	709,91
6.	Kombos Barat	1.574	922,36
7.	Kombos Timur	2.338	1.469,66
8.	Singkil Satu	2.359	1531,91
9.	Singkil dua	2.238	1.386
JUMLAH		13.951	8.837,71

Sumber : Hasil Perhitungan 2019

D. Pemetaan Kawasan Permukiman Kecamatan Singkil Berdasarkan Tingkat Emisi CO₂

Pemetaan kawasan permukiman Kecamatan Singkil berdasarkan tingkat emisi CO₂ dilakukan dengan menggunakan analisis berbasis GIS (*Geographic Information System*) dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Besar emisi CO₂ dikelompokkan dalam 9 warna yang mewakili besaran Emisi Gas Karbon Dioksida pada tiap Kelurahan di Kecamatan Singkil Kota Manado. Semakin gelap warna maka semakin tinggi konsentrasi CO₂ dan semakin terang warna menunjukkan semakin rendah emisi CO₂. Aspek fisik dari hasil pemetaan menunjukkan warna paling gelap yang ada pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil berada pada Kelurahan Singkil Satu, kemudian kelurahan Kombos Timur dan Singkil Dua. Hal ini menunjukkan bahwa perlu perhatian khusus pada kawasan ini karena tingginya emisi yang dihasilkan. Sementara itu aspek fisik dari pemetaan yang menunjukkan warna terang berada pada Kelurahan Wawonasa dan Kelurahan Ketang baru.



**Gambar 5. Peta Tingkat Emisi CO₂
Kecamatan Singkil**

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Karakteristik penggunaan bahan bakar untuk memasak masyarakat pada Kawasan Permukiman di Kecamatan Singkil adalah LPG, minyak tanah dan kayu bakar dengan rata-rata konsumsi LPG 176 kg/tahun, minyak tanah 180 liter/tahun dan kayu bakar 2016 kg/tahun per rumah tangga. Dengan rata-rata konsumsi tersebut maka dapat diketahui bahwa jumlah penggunaan bahan bakar untuk memasak dalam hal ini LPG, Minyak Tanah dan Kayu Bakar adalah sebesar 83.752 kg/tahun. Dari hasil penggunaan bahan bakar untuk memasak tersebut maka di dapati bahwa nilai emisi CO₂ pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil yaitu 238 ton/tahun dengan hasil masing-masing bahan bakar yaitu LPG sebesar 176,51 ton/tahun kemudian Minyak Tanah 43,47 ton/tahun dan Kayu Bakar 18,12 ton/tahun.
2. Faktor emisi spesifik Karbon Dioksida (CO₂) merupakan data dari hasil perhitungan terhadap masing-masing rumah tangga pada wilayah studi yang merupakan data dari tiap aktivitas rumah tangga penggunaan bahan bakar untuk memasak, maka hasil yang di dapat adalah Kelurahan Wawonasa 0,5807 ton/tahun, Kelurahan Ternate Baru 0,5823 ton/tahun, Kelurahan Ternate Tanjung 0,6078 ton/tahun, Kelurahan Singkil Satu 0,6492 ton/tahun, Kelurahan Singkil Dua 0,6182 ton/tahun, Kelurahan Kombos Timur 0,6286 ton/tahun, Kelurahan Kombos Barat 0,5860 ton/tahun, Kelurahan Ketang Baru 0,6221 ton/tahun, dan Kelurahan Karame 0,5776 ton/tahun.
3. Hasil perhitungan jejak karbon pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil tertinggi berada di Kelurahan Singkil Satu yaitu Emisi CO₂ tertinggi berada di Kelurahan Singkil Satu yaitu sebesar 42,85 ton/tahun kemudian diikuti Kelurahan Kombos Timur sebesar 40,86 ton/tahun dan Kelurahan Singkil Dua sebesar 38,95 ton/tahun.

sebesar 1531,46 ton CO₂/tahun. Selanjutnya dilakukan penjumlahan terhadap hasil perhitungan jejak karbon tiap Kelurahan pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil. Maka total jejak karbon pada kawasan permukiman di Kecamatan Singkil sebesar 8.837,71 ton CO₂/tahun.

4. Peta sebaran emisi CO₂ dilakukan dengan analisis spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS terhadap data yang terbatas serta memberikan gambaran ketersediaan data yang terbatas. Prosesnya dengan melakukan analisis spasial dengan metode interpolasi *inverse distance weight* (IDW). Metode interpolasi IDW dilakukan untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui. Hasil pemetaan sebaran emisi CO₂ menunjukkan emisi tertinggi berada pada Kelurahan Singkil Satu yaitu sebesar 1.531,91 ton CO₂/tahun diikuti Kelurahan Kombos Timur sebesar 1.469,66 ton CO₂ per tahun dan Kelurahan Singkil Dua sebesar 1.386 ton CO₂/tahun.

Saran

Saran dari hasil penelitian ini adalah:

1. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan emisi CO₂ pada permukiman Kecamatan Singkil maka disarankan bagi pemerintah untuk mulai melakukan monitoring untuk menerapkan strategi kebijakan terkait dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam upaya target penurunan emisi GRK dengan mulai mengganti bahan bakar untuk memasak jenis Minyak Tanah dan Kayu Bakar ke LPG. Disamping itu hal yang perlu di perhatikan pemerintah adalah menjaga kelestarian pohon-pohon serta menambah jumlah pohon yang mampu menyerap emis Karbon Dioksida. Karena hal ini sesuai dengan kegiatan yang ada pada Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) tahun 2010-2020.
2. Hasil penelitian sebaran spasial emisi gas karbon dioksida (CO₂) pada permukiman di Kecamatan Singkil Kota

manado, hanya dilakukan pada sektor permukiman serta polutan yang di tinjau dalam penelitian ini adalah Karbon Dioksida (CO₂) dengan sumber polutan yang di tinjau yaitu penggunaan bahan bakar memasak jenis LPG, Minyak Tanah dan Kayu Bakar. Maka perlu adanya penelitian di sektor lain seperti Transportasi, Limbah, Industri dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2018. Kecamatan Singkil Dalam Angka. BPS Kota Manado.
- Bhattacharyya, R., Ghoshal, T. 2010. *Economic Growth and CO₂ Emissions*, Environ Dev Sustain (2010) 12:159-177.
- Gonick L dan Outwater A. 2004. *Kartun Lingkungan*. Kepustakaan Populer Gramedia, Jakarta.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). "*Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*". Institute for global environmental strategies (IGS), Hayama, Japan.
- Jhamtani H. dan Lisa K. 2007. *Ketika Selimut Bumi Makin Tebal*. Lembar Informasi No.1. <http://wisnu.or.id/> (07 April 2012).
- Peraturan Presiden No. 61. (2011). Tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Peraturan Presiden No. 71. (2011). Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011. Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman.