

PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK SEKTOR PERMUKIMAN UNTUK ESTIMASI TAPAK KARBON DAN PEMETAANNYA DI KABUPATEN BANYUWANGI

DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION FACTORS OF RESIDENTIAL FOR CARBON FOOTPRINT ESTIMATION AND MAPPING IN BANYUWANGI DISTRICT

Layli Yuliana^{1*}, Joni Hermana dan Rachmat Boedisantoso¹⁾
Laboratorium Pengendalian Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS
***)e-mail: layliyuliana@gmail.com**

Abstrak

Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer terjadi karena aktivitas manusia, salah satunya pada sektor permukiman. Untuk meningkatkan keakurasian dalam melakukan inventarisasi GRK, setiap negara didorong untuk menyusun faktor emisi spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor emisi spesifik sektor permukiman dan menganalisis persebaran emisi dengan melakukan pemetaan tapak karbon. Metode perhitungan menggunakan metode *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Data dikumpulkan dari aktivitas rumah tangga berupa penggunaan bahan bakar untuk memasak di kawasan perkotaan dan pedesaan. Hasil kuesioner menunjukkan pola konsumsi bahan bakar yang berbeda di kawasan perkotaan dan pedesaan. Rumah tangga di kawasan perkotaan umumnya menggunakan LPG, sedangkan di pedesaan memakai LPG dan kayu bakar. Dari hasil analisis diperoleh nilai faktor emisi spesifik penggunaan bahan bakar untuk memasak di wilayah perkotaan 0,3855 ton CO₂/rumah tangga.tahun, di wilayah pedesaan 1,7776 ton CO₂/rumah tangga.tahun. Hasil perhitungan dan pemetaan emisi menunjukkan tapak karbon dari penggunaan bahan bakar lebih tinggi di wilayah pedesaan karena pemakaian kayu bakar.

Kata Kunci: emisi, energi, inventarisasi, tapak karbon

Abstract

Increasing concentration of CO₂ in the atmosphere occurred due to human activities, one of which is the residential sector. To increase the accuracy in conducting a GHG inventory, each country was encouraged to draw up specific emission factors. This study aims to determine the residential sector of specific emission factors and analyze the distribution of emissions by mapping the carbon footprint. Calculation method was using the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Data was collection from household fuel for cooking in urban and rural areas. The results of the questionnaire showed a different pattern of household fuel consumption in urban and rural areas, households in urban areas generally use LPG, whereas in the rural areas wear LPG and firewood. From the results obtained by analysis, the value of specific emission factor of fuel use for cooking in urban areas 0,3855 tons of CO₂/ household.year, in rural areas 1,7776 tons of CO₂/household.year. The result of calculation and mapping shows higher carbon footprint of fuel in rural areas due to the use of firewood.

Keywords: emission, energy, inventory, carbon footprint

1. PENDAHULUAN

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Namun peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer dapat menimbulkan masalah pemanasan global dan perubahan iklim. Berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006) CO₂ tergolong dalam GRK. Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer terjadi karena berbagai aktivitas manusia yang melepaskan emisi CO₂ ke atmosfer, salah satunya dari sektor permukiman. Permukiman menimbulkan emisi akibat konsumsi barang dan jasa. Konsumsi energi permukiman beberapa negara menghasilkan proporsi cukup besar dari jumlah penggunaan total energi (Donglan, *et al.*, 2010). Pada periode 1959-2006, jumlah emisi terbesar berasal dari penggunaan bahan bakar minyak yaitu mencapai 80% (Liu, *et al.*, 2011; KLH, 2012).

Dalam upaya mengatasi masalah peningkatan konsentrasi GRK, Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK, mencanangkan langkah awal untuk melakukan suatu rencana aksi, mitigasi perubahan iklim dengan melakukan inventarisasi GRK. Inventarisasi emisi penting untuk dilakukan sebagai upaya monitoring penerapan kebijakan dalam upaya pencapaian target penurunan emisi (Lu dan Liu, 2014) dan mengetahui keefektifan dari kebijakan yang telah dibuat (Geng, *et al.*, 2011). Selain itu dengan melakukan inventarisasi dapat diketahui potensi penurunan emisi CO₂ yang dapat dilakukan (Kennedy *et al.*, 2010). Inventarisasi GRK mulai dilakukan pada wilayah yang diperkirakan menjadi sumber emisi terbesar, yaitu dengan kepadatan penduduk tinggi (Satterthwaite, 2008). Secara sederhana, inventarisasi GRK adalah menggambarkan tentang seberapa besar GRK yang ditimbulkan dari aktivitas suatu kota. Secara umum, besarnya emisi yang ditimbulkan oleh suatu kota merupakan hasil perkalian suatu data aktivitas dengan faktor emisi. Data aktivitas adalah aktivitas yang menghasilkan emisi GRK,

sedangkan faktor emisi menunjukkan besarnya emisi per satuan unit aktivitas yang dilakukan. Saat ini telah banyak dilakukan penelitian pengembangan metode inventarisasi untuk negara berkembang mengingat ketersediaan data di negara berkembang masih terbatas (Lu dan Liu, 2014). Inventarisasi GRK untuk negara berkembang seperti Indonesia disusun dengan pedoman IPCC. IPCC mendorong setiap negara untuk menyusun faktor emisi lokal atau spesifik agar hasil dugaan emisi GRK tidak *over-estimate* atau *under-estimate* (KLH, 2012). Namun demikian ketersediaan faktor emisi spesifik masih sangat terbatas dan hanya tersedia pada beberapa kategori saja. Kendala serupa juga dialami di China (Liu, *et al.*, 2011) sehingga perlu dilakukan upaya penentuan faktor emisi spesifik.

Pada penelitian ini dilakukan inventarisasi untuk menentukan faktor emisi spesifik dan gambaran tentang tingkat emisi sektor permukiman di Kabupaten Banyuwangi. Nilai faktor emisi spesifik diharapkan dapat digunakan untuk melakukan estimasi emisi untuk aktifitas spesifik yang sama di daerah lain dengan karakteristik yang sama dengan Kabupaten Banyuwangi. Gambaran tingkat emisi ditampilkan dalam bentuk pemetaan tapak karbon.

2. METODE

2.1. Pengumpulan data primer

Data primer diambil melalui kuesioner dan wawancara dengan metode *stratified random sampling*. Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan rumus Krejcie dan Morgan (Setiawan, 2007) dengan Persamaan (1).

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- n = Jumlah total sampel wilayah studi
- N = Jumlah populasi dalam wilayah studi
- x² = Nilai standart error selang kepercayaan, digunakan 95 %, α = 1 maka x = 1,64
- P = Proporsi populasi digunakan 0,5
- d = Galat pendugaan/batas error 10%

Sampel diambil secara acak pada wilayah perkotaan dan pedesaan di tiap Kecamatan. Jumlah sampel tiap Kecamatan dihitung dengan Persamaan (2).

$$n_i = n (N_i/N) \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- N_i = Jumlah populasi pada tiap Kecamatan
- N = Jumlah total populasi wilayah studi
- n = Jumlah total sampel wilayah studi
- n_i = Jumlah sampel pada tiap Kecamatan

Data yang diambil adalah jenis bahan bakar yang digunakan, volume penggunaan, dan lama penggunaan.

2.2. Pengumpulan data sekunder

Data sekunder diambil dari Badan Pusat Statistik berupa data jumlah rumah tangga di tiap Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Banyuwangi berupa Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Banyuwangi dan Peta Administratif Kabupaten Banyuwangi dalam format *shape file*.

2.3. Perhitungan emisi

Emisi CO₂ dari pemakaian bahan bakar untuk memasak dihitung dengan metode IPCC tier 2 sesuai panduan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup. Tier dalam metode IPCC menunjukkan tingkat ketelitian perhitungan berdasarkan data yang digunakan dalam perhitungan. Perhitungan tier 2 dilakukan dengan menggunakan data aktivitas wilayah studi yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC. Persamaan dasar untuk perhitungan emisi adalah Persamaan (3), sedangkan persamaan yang digunakan untuk menghitung emisi dari konsumsi energi tiap jenis bahan bakar adalah persamaan (4).

$$\text{Emisi CO}_2 = DA \times FE \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

DA = aktivitas yang menghasilkan emisi GRK

FE = besarnya emisi per satuan unit aktivitas yang dilakukan

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Konsumsi} \times FE \times NK \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

- Konsumsi = volume pemakaian bahan bakar (kg/tahun)
- FE = faktor emisi bahan bakar (gr/MJ)
- NK = nilai kalor bahan bakar (MJ/kg)

Nilai faktor emisi CO₂ yang digunakan dalam perhitungan mengikuti angka *default* IPCC seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Faktor Emisi CO₂ *Default* IPCC

Jenis bahan bakar	Faktor Emisi <i>Default</i> (gr/MJ)
LPG	63,1
Kayu bakar	112

Nilai kalor bahan bakar yang digunakan dalam perhitungan sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kalor Bahan Bakar

Jenis bahan bakar	Nilai Kalor (MJ/kg)
LPG	47,3
Kayu bakar	15

Penentuan faktor emisi spesifik sektor permukiman didasarkan pada pola konsumsi bahan bakar untuk memasak dan jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan dan pedesaan. Persamaan yang digunakan:

$$FES = \frac{\text{Emisi (ton CO}_2\text{/tahun)}}{\text{jumlah rumah tangga}} \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

- FES = Faktor emisi spesifik sektor permukiman (ton CO₂ /rumah tangga.tahun)
- Emisi = Emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar (ton CO₂ /tahun)
- Jumlah rumah tangga = jumlah rumah tangga pengguna bahan bakar

2.4. Pemetaan

Pemetaan tapak karbon dilakukan dengan menggunakan *software* ArcGIS versi 10.1 terhadap nilai emisi pada tiap Kecamatan. 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. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil kuesioner

Hasil kuesioner dan wawancara terhadap 74 rumah tangga responden yang tersebar acak di kawasan perkotaan dan pedesaan di Kabupaten Banyuwangi, menunjukkan bahwa 38 rumah tangga perkotaan menggunakan bahan bakar LPG. Sedangkan pada 36 rumah tangga di kawasan pedesaan, 15 responden menggunakan bahan bakar LPG dan kayu bakar dan 21 responden menggunakan bahan bakar LPG. Rata-rata konsumsi bahan bakar LPG oleh rumah tangga di kawasan perkotaan sebesar 10,76 kg/bulan dan di kawasan pedesaan sebesar 7,42 kg/bulan, sedangkan rata-rata konsumsi kayu bakar di kawasan pedesaan sebesar 180 kg/bulan. Lebih tingginya rata-rata konsumsi bahan bakar LPG di kawasan perkotaan mengindikasikan bahwa semakin berkembang suatu wilayah maka semakin meningkat kebutuhan akan energi (Yu at al, 2012). Pada umumnya pemilihan jenis bahan bakar yang digunakan oleh masyarakat untuk memasak tergantung dari kemudahan mendapatkan jenis bahan bakar dan domisili dari masyarakat, hal ini sesuai dengan pernyataan Niode (2004). Masyarakat di wilayah pedesaan masih menggunakan kayu bakar karena terdapat banyak di sekitar rumah mereka tanpa harus membeli. Sedangkan masyarakat di wilayah perkotaan lebih memilih menggunakan LPG karena mudah didapat dan lebih praktis. Dengan mengetahui konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk memasak oleh responden,

selanjutnya dilakukan perhitungan emisi CO₂ menggunakan Persamaan (4) sesuai dengan jenis bahan bakar yang digunakan di wilayah perkotaan dan pedesaan. Berikut adalah contoh perhitungan emisi CO₂ dari 1 responden pemakai bahan bakar LPG:

Data responden:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi LPG} &= 6 \text{ kg/ bulan} \\ \text{FE}_{\text{LPG}} &= 63,1 \text{ gr/MJ} \\ \text{NK}_{\text{LPG}} &= 47,3 \text{ MJ/kg} \\ \text{Emisi CO}_2 &= 72 \text{ kg/tahun} \times 63,1 \text{ gr/MJ} \times \\ & \quad 47,3 \text{ MJ/kg} \\ &= 214893,36 \text{ gr CO}_2/\text{tahun} \\ &= 0,2149 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

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

Data responden:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi kayu bakar} &= 100 \text{ kg/ bulan} \\ \text{FE}_{\text{kayu bakar}} &= 112 \text{ gr/MJ} \\ \text{NK}_{\text{kayu bakar}} &= 15 \text{ MJ/kg} \\ \text{Emisi CO}_2 &= 1200 \text{ kg/tahun} \times 112 \\ & \quad \text{gr/MJ} \times 15 \text{ MJ/kg} \\ &= 2.016.000 \text{ gr CO}_2/\text{tahun} \\ &= 0,2016 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan serupa dilakukan untuk seluruh responden dan diakumulasikan berdasarkan jenis bahan bakar di wilayah perkotaan dan pedesaan. Hasil perhitungan menunjukkan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh 38 rumah tangga pengguna bahan bakar LPG di kawasan perkotaan sebesar 14,65 ton CO₂/tahun dengan rata-rata emisi CO₂ yang dihasilkan oleh masing-masing rumah tangga 0,3855 ton CO₂/tahun dan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh 36 rumah tangga pengguna bahan bakar LPG di kawasan pedesaan sebesar 9,56 ton CO₂/tahun dengan rata-rata emisi CO₂ yang dihasilkan oleh masing-masing rumah tangga 0,2656 ton CO₂/tahun, sedangkan emisi CO₂ yang dihasilkan oleh 15 rumah tangga pengguna bahan bakar kayu di kawasan pedesaan sebesar 54,43 ton CO₂/tahun dengan rata-rata emisi CO₂ yang dihasilkan oleh masing-masing rumah tangga 3,6288 ton CO₂/tahun.

Hasil perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar oleh responden menunjukkan rata-rata emisi CO₂ pemakaian LPG di wilayah perkotaan lebih tinggi dibanding di wilayah pedesaan, hal ini disebabkan karena rata-rata konsumsi LPG di wilayah perkotaan lebih tinggi dibanding dengan wilayah pedesaan. Sedangkan rata-rata emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan LPG meskipun pengguna kayu bakar lebih kecil dibandingkan pengguna LPG, hal tersebut disebabkan karena kayu bakar memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dari kandungan karbon pada LPG, sehingga faktor emisi dari kayu bakar lebih tinggi dibandingkan dengan faktor emisi LPG.

3.2. Perhitungan faktor emisi spesifik

Hasil survei kuesioner menunjukkan adanya pola konsumsi bahan bakar untuk memasak yang berbeda pada rumah tangga di kawasan perkotaan dan pedesaan, sehingga faktor emisi spesifik dari aktivitas penggunaan bahan bakar untuk memasak diklasifikasikan berdasarkan wilayah pengembangan permukiman, yaitu kawasan perkotaan dan kawasan pedesaan. Perhitungan faktor emisi spesifik dilakukan dengan menggunakan Persamaan (5), berikut adalah perhitungannya:

A. Faktor Emisi Spesifik Perkotaan

Faktor emisi spesifik perkotaan merupakan faktor emisi CO₂ spesifik untuk penggunaan bahan bakar di kawasan perkotaan, bahan bakar yang dimaksud adalah LPG.

Faktor emisi spesifik perkotaan:

$$= \frac{14,65 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{38 \text{ rumah tangga}}$$

$$= 0,3855 \text{ ton CO}_2 / \text{rumah tangga.tahun}$$

Pada perhitungan ini nilai emisi merupakan besar total emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar oleh responden di kawasan perkotaan, sedangkan

jumlah rumah tangga merupakan total responden di kawasan perkotaan.

B. Faktor Emisi Spesifik Pedesaan

Faktor emisi spesifik pedesaan merupakan faktor emisi CO₂ spesifik untuk penggunaan bahan bakar di kawasan pedesaan, bahan bakar yang dimaksud adalah LPG dan kayu bakar.

Faktor emisi spesifik pedesaan:

$$= \frac{63,99 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}}{36 \text{ rumah tangga}}$$

$$= 1,7776 \text{ ton CO}_2 / \text{rumah tangga.tahun}$$

Pada perhitungan ini nilai emisi merupakan besar total emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar di kawasan pedesaan, sedangkan jumlah rumah tangga merupakan total responden di kawasan pedesaan.

Hasil perhitungan faktor emisi spesifik menunjukkan bahwa faktor emisi spesifik dari aktivitas penggunaan bahan bakar untuk memasak oleh rumah tangga di kawasan pedesaan lebih besar dibandingkan dengan rumah tangga di kawasan perkotaan, hal ini disebabkan karena masih terdapat pengguna kayu bakar di kawasan pedesaan. Penelitian serupa yang dilakukan oleh Ardedah *et al.* (2015) juga menunjukkan nilai faktor emisi spesifik pedesaan yang lebih besar dibanding dengan perkotaan.

Faktor emisi spesifik ini dapat digunakan untuk melakukan pendugaan emisi CO₂ pada wilayah lain jika wilayah tersebut memiliki ketersediaan data yang terbatas dan memiliki karakteristik yang sama dengan Kabupaten Banyuwangi dimana Kabupaten Banyuwangi memiliki karakteristik wilayah pesisir dengan fungsi pengembangan wilayah perikanan. Sehingga wilayah dengan ketersediaan data yang terbatas tetap dapat melakukan inventarisasi emisi untuk selanjutnya dapat menjadikan acuan dalam penetapan strategi atau kebijakan terkait dengan program pemerintah dalam upaya pencapaian target penurunan emisi GRK.

3.3. Estimasi Tapak Karbon

Tapak karbon merupakan jejak karbon yang dihasilkan oleh suatu aktivitas. Tapak karbon pada penelitian ini merupakan emisi CO₂ primer yang ditimbulkan dari aktivitas penggunaan bahan bakar untuk memasak oleh rumah tangga di Kabupaten Banyuwangi. Estimasi tapak karbon dilakukan dengan perhitungan menggunakan Persamaan (3). Dalam perhitungan ini data aktivitas adalah jumlah rumah tangga tiap wilayah pengembangan di Kabupaten Banyuwangi. Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi spesifik pemakaian bahan bakar tiap wilayah pengembangan yang telah diperoleh pada perhitungan faktor emisi spesifik. Perhitungan emisi CO₂ dilakukan di tiap Kecamatan pada masing-masing wilayah perkotaan dan pedesaan. Berikut adalah contoh perhitungan emisi CO₂ di wilayah perkotaan:

Data yang digunakan Kecamatan Glagah
 Jumlah rumah tangga perkotaan = 3.668 rumah tangga
 Faktor emisi spesifik perkotaan = 0,3855 ton CO₂ /rumah tangga

Emisi CO₂ perkotaan di Kecamatan Glagah
 $= DA \times FES$
 $= 3.668 \times 0,3855$
 $= 1.413,97 \text{ ton CO}_2$

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama dengan menggunakan data aktivitas berupa jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan untuk masing-masing Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi.

Hasil perhitungan emisi CO₂ perkotaan di Kabupaten Banyuwangi menunjukkan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di wilayah perkotaan tertinggi di Kecamatan Muncar yaitu sebesar 12.848,33 ton CO₂. Jumlah rumah tangga kawasan perkotaan di Kecamatan Muncar adalah yang paling tinggi dibandingkan jumlah rumah tangga perkotaan di Kecamatan lainnya. Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk yang diikuti dengan peningkatan pendapatan menyebabkan terjadinya

peningkatan kebutuhan energi (Niode, 2004). Hal tersebut menjadi salah satu indikator tingginya emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar kawasan perkotaan di Kecamatan Muncar. Berdasarkan Rencana Pembangunan dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Daerah di Kabupaten Banyuwangi Tahun 2011, Kecamatan Muncar termasuk dalam kawasan *cluster* Banyuwangi Tengah Timur dengan kawasan permukiman yang tumbuh karena pengembangan lahan peruntukan industri. Karakteristik permukiman secara umum di Kecamatan Muncar adalah menyatunya kegiatan industri dan permukiman di sekitar pantai, kondisi permukiman padat di sekitar Pelabuhan Pendaratan Ikan dengan kegiatan perdagangan dan jasa yang berkembang secara pesat di sekitar pantai.

Berdasarkan karakteristik wilayah Kabupaten Banyuwangi yang berupa pesisir dan fungsi pengembangan wilayah perikanan, menjadikan pertumbuhan penduduk akan semakin meningkat di wilayah pesisir seiring dengan semakin meningkatnya pertumbuhan industri perikanan dan jasa. Hal tersebut akan memicu peningkatan kebutuhan akan energi dan peningkatan emisi CO₂ (Yu, *et al.*, 2012). Sehingga pemerintah perlu memberikan perhatian khusus pada wilayah wilayah tersebut dengan mulai melakukan monitoring emisi dan upaya penurunan emisi. Sedangkan pada wilayah lain dapat ikut mempelajari kegiatan tersebut untuk dapat diterapkan di wilayahnya. Berikutnya dilakukan perhitungan emisi CO₂ pemakaian bahan bakar untuk wilayah pedesaan pada masing-masing Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi. Berikut adalah contoh perhitungan emisi CO₂ di wilayah pedesaan:

Data yang digunakan Kecamatan Glagah
 Jumlah rumah tangga pedesaan = 6.578 rumah tangga
 Faktor emisi spesifik pedesaan = 1,7776 ton CO₂ /rumah tangga

Emisi CO₂ pedesaan di Kecamatan Glagah
 $= DA \times FES$
 $= 6.578 \times 1,7776$
 $= 11.693,26 \text{ ton CO}_2$

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama dengan menggunakan data aktivitas berupa jumlah rumah tangga di wilayah pedesaan untuk masing-masing Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi.

Hasil perhitungan emisi CO₂ pedesaan di Kabupaten Banyuwangi menunjukkan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di wilayah pedesaan tertinggi di Kecamatan Wongsorejo yaitu sebesar 38.960,36 ton CO₂. Emisi CO₂ yang dihasilkan di wilayah pedesaan di Kecamatan Wongsorejo menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan emisi CO₂ perkotaan di Kecamatan Muncar meskipun jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan Kecamatan Muncar lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah pedesaan Kecamatan Wongsorejo. Hal ini mendukung pendapat Wulandari dkk. (2013) yang menyatakan bahwa emisi CO₂ yang dihasilkan tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah penduduk saja. Salah satu faktor lain yang mempengaruhi hasil emisi CO₂ adalah nilai kalor dari bahan bakar yang digunakan dan faktor emisi dari bahan bakar yang digunakan. Tingginya emisi CO₂ yang dihasilkan di wilayah pedesaan di Kecamatan Wongsorejo disebabkan oleh budaya masyarakat pedesaan yang masih enggan meninggalkan penggunaan kayu bakar karena ketersediaan kayu bakar yang mudah didapat.

Berdasarkan hasil inventarisasi energi yang dilakukan oleh Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Banyuwangi Tahun 2011, menunjukkan bahwa Kecamatan Wongsorejo memiliki potensi sumber energi terbarukan yang cukup tinggi. Sehingga diharapkan pemerintah dapat memberikan strategi kebijakan terkait dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan tersebut. Selain itu pemerintah supaya mengupayakan peningkatan kesadaran masyarakat untuk dapat ikut serta berpartisipasi dalam upaya penurunan emisi CO₂, mengingat bahwa CO₂ tidak termasuk gas yang dianggap sebagai polutan (Liu, *et al.*, 2011).

Untuk mendapatkan total emisi CO₂ di tiap Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi, selanjutnya dilakukan penjumlahan hasil

perhitungan emisi CO₂ wilayah perkotaan dan pedesaan. Hasil perhitungan total emisi CO₂ di tiap Kecamatan di Kabupaten Banyuwangi menunjukkan total emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar untuk memasak tiap Kecamatan tertinggi dihasilkan di Kecamatan Wongsorejo yaitu sebesar 41.428,26 ton CO₂ atau sekitar 7,61% dari total seluruh emisi CO₂ yang dihasilkan dari pemakaian bahan bakar untuk memasak di Kabupaten Banyuwangi. Tingginya emisi CO₂ total di Kecamatan Wongsorejo lebih dipengaruhi oleh tingginya emisi CO₂ di kawasan pedesaan mengingat jumlah rumah tangga pedesaan lebih tinggi dibanding dengan jumlah rumah tangga perkotaan, selain itu tingginya emisi CO₂ total di Kecamatan Wongsorejo juga disebabkan oleh tingginya nilai faktor emisi spesifik pedesaan karena adanya pemakaian kayu bakar sehingga hasil perhitungan menunjukkan nilai emisi CO₂ yang tinggi.

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Banyuwangi Tahun 2012-2032, Kecamatan Wongsorejo direncanakan akan menjadi wilayah dengan pengembangan kawasan industri. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan emisi CO₂ pada penelitian ini, maka disarankan bagi pemerintah untuk memprioritaskan pertumbuhan ekonomi dan pada saat yang bersamaan juga menerapkan strategi penurunan emisi. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah dengan mempertimbangkan pemanfaatan energi terbarukan sebagai upaya mitigasi dampak dari konsumsi energi bahan bakar fosil terhadap perubahan iklim (Xu, *et al.*, 2014)

3.4. Pemetaan Tapak Karbon

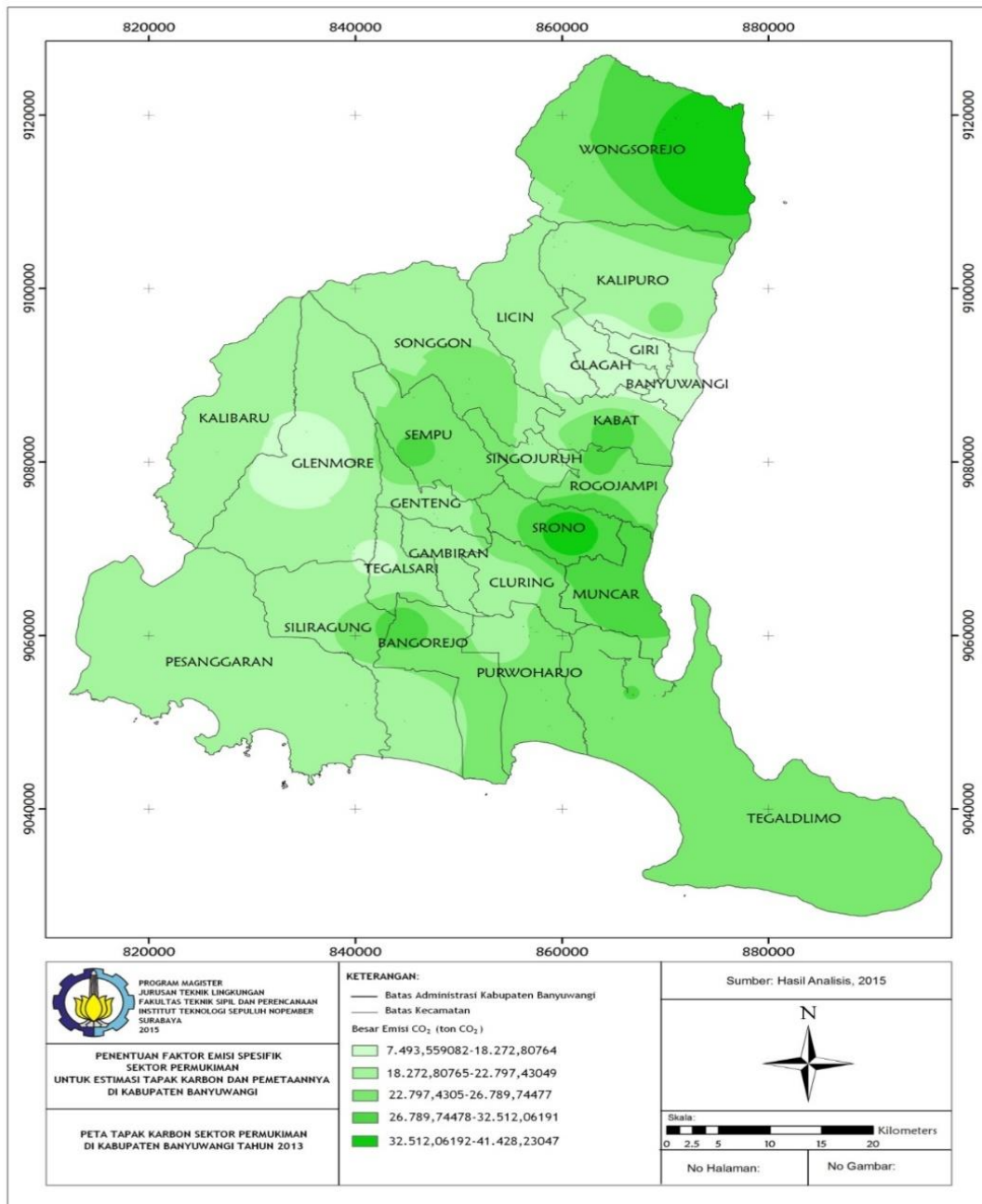
Pemetaan tapak karbon dilakukan berdasarkan hasil perhitungan emisi CO₂ di Kabupaten Banyuwangi. Hasil pemetaan ditampilkan dalam Gambar 1. Besar konsentrasi CO₂ ditunjukkan dengan gradasi warna pada peta. Besar konsentrasi CO₂ dikelompokkan dalam 5 warna yang berarti sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah. Semakin gelap warna maka semakin tinggi konsentrasi CO₂ dan sebaliknya

semakin terang warna menunjukkan semakin rendah konsentrasi CO₂.

Aspek fisik dari hasil pemetaan menunjukkan warna paling gelap dan luas di Kecamatan Wongsorejo diikuti dengan Kecamatan Srono yang juga menunjukkan warna gelap namun dengan luasan yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa perlu perhatian khusus pada Kecamatan Wongsorejo karena tingginya emisi

yang dihasilkan dan diikuti oleh Kecamatan lainnya dengan warna yang lebih terang.

Aspek lingkungan dari hasil pemetaan dapat memberikan rujukan pengelolaan lebih lanjut terhadap wilayah yang teridentifikasi sebagai wilayah dengan konsentrasi emisi CO₂ paling tinggi dan juga wilayah yang dianggap berpotensi mengalami peningkatan konsentrasi emisi CO₂.



Gambar 1. Peta Tapak Karbon

4. KESIMPULAN

Faktor emisi spesifik merupakan faktor emisi yang menunjukkan besarnya CO₂ per satu unit aktifitas. Penentuan faktor emisi spesifik berdasarkan pola konsumsi yang berbeda pada rumah tangga di kawasan perkotaan dan kawasan pedesaan. Pemetaan tapak karbon dengan melakukan analisis spasial menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan metode interpolasi terhadap data yang terbatas dapat memberikan gambaran ketersediaan data yang terbatas. Faktor emisi spesifik sektor permukiman dari penggunaan bahan bakar untuk memasak diklasifikasikan terutama untuk mengetahui kondisi tapak karbon, sehingga memudahkan dalam dilakukan untuk mempermudah melakukan pendugaan emisi pada wilayah dengan memberikan rekomendasi kepada pemerintah dalam upaya pencapaian target penurunan emisi GRK.

Hasil pemetaan tapak karbon menunjukkan emisi tertinggi sektor permukiman berada di Kecamatan Wongsorejo. pendugaan distribusi tapak karbon secara spasial. Hasil pemetaan dapat digunakan sebagai analisis aspek fisik dan lingkungan Faktor emisi spesifik kawasan perkotaan 0,3855 ton CO₂/rumah tangga.tahun dan kawasan pedesaan 1,7776 ton CO₂/rumah tangga.tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardedah, N., Boedisantoso, R., dan Hermana, J. (2015) Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya dari penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur, *Abstrak Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, Program Studi MMT-ITS.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah. (2011), Penyusunan Rencana Pembangunan dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Daerah (RP4D) di Kabupaten Banyuwangi, Banyuwangi.
- Donglan, Z., Dequn, Z., dan Peng, Z. (2010), Driving Forces of Residential CO₂ Emissions in Urban and Rural China: An Index Decomposition Analysis, *Energy Policy*, Vol. 38, p.3377-3383.
- Geng, Y., Peng, C., dan Tian, M. (2011), Energy Use and CO₂ Emission Inventories in the Four Municipalities of China, *Energy Procedia*, Vol. 5, p. 370-376.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), IPCC Guideline for National
- Kementrian Lingkungan Hidup RI. (2012), *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*, No.1, Kementrian Lingkungan Hidup RI, Jakarta.
- Kennedy, C., Steinberger, J., Gasson, B., *et al.* (2010), Methodology for Inventorying Greenhouse Gas Emissions from Global Cities, *Energy Policy*, Vol. 38, p. 4828-4837.
- Liu, Z., Geng, Y., dan Xue, B. (2011), Inventorying Energy-related CO₂ for City: Shanghai Study, *Energy Procedia*, Vol. 5, p. 2303-2307.
- Lu, H. dan Liu, G. (2014), Spatial Effect of Carbon Dioxide Emissions from Residential Energy Consumption: A Country-level Study Using Enhanced Nocturnal Lighting, *Applied Energy*, Vol. 131, p. 297-306.
- Niode, N. (2004), *Analisis Penyediaan dan Kebutuhan Energi Sektor Rumah Tangga di Provinsi Gorontalo, Perencanaan Energi Provinsi Gorontalo 2000-2015*.
- Satterthwaite, D. (2008), Cities Contribution to Global Warming: Notes on The Allocation of Greenhouse Gas Emissions. *Environment and Urbanization*. Vol. 20, p. 539-549.
- Setiawan, N. (2007), Penentuan Ukuran Sampel Memakai Rumus Slovin dan Tabel

Krejcie-Morgan: Telaah Konsep dan Aplikasi, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran, Bandung.

Wulandari, M.,T., Hermawan dan Purwanto. (2013) Kajian Emisi CO₂ Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW 07 Kabupaten Semarang), *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. ISBN 978-602-17001-1-2.

Xu, S., He, Z., dan Long, R. (2014), Factors that Influence Carbon Emissions Due to Energi Consumption in China: Decomposition Analysis Using LMDI, *Applied Energy*, Vol. 127, p. 182-193.

Yu, W., Pagani, R., Huang, L. (2012), CO₂ Emission Inventories for Chinese Cities in Highly Urbanized Area Compared with European Cities, *Energy Policy*, Vol. 47, p. 298-308.