

Agihan Polutan CO₂ Di Kota Mojokerto Dengan Sistem Informasi Geografi (SIG)

The Spread of Carbondioxide Gases Using Geographic Information System in Mojokerto City

Riza Faradina¹, Alexander Tunggul Sutan Haji^{2*}, Bambang Suharto²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145

*Email Korespondensi : alexandersutan@ub.ac.id

ABSTRAK

Pencemaran udara dapat berasal dari asap kendaraan bermotor, asap pabrik maupun partikel yang lain yang memberi pengaruh besar terhadap penurunan kualitas udara. Kota Mojokerto adalah kota kecil dengan kepadatan penduduk sebesar 8285 jiwa km⁻², aktifitas transportasi dan industri yang cukup tinggi sehingga perlu diadakan penelitian tentang agihan polutan karbon dioksida yang dihasilkan oleh sisa pembakaran dari berbagai aktifitas penduduk. Penelitian ini menggunakan metode spasial yang didalamnya terdapat tahapan perhitungan konsentrasi karbondioksida. Metode deskriptif kuantitatif digunakan untuk mendeskripsikan hasil perhitungan dalam penelitian ini dan metode spasial digunakan untuk menggambarkan agihan polutan CO₂ Kota Mojokerto. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total konsentrasi CO₂ di Kota Mojokerto adalah 4.424 kg m⁻³, 60,5% disumbang dari respirasi penduduk, sumber LPG 26,3%, 8,8% sumber kendaraan bermotor dan 4,4% sumber industri. Tingkat pencemaran di Kota Mojokerto paling besar dipengaruhi oleh konsentrasi CO₂ respirasi penduduk yaitu 2.677 kg m⁻³. Konsentrasi CO₂ respirasi penduduk paling tinggi terdapat di Kelurahan Mentikan yaitu sebesar 0.448 kg m⁻³ atau sebesar 14,5% dari total konsentrasi CO₂ respirasi di Kota Mojokerto. Tingginya konsentrasi CO₂ respirasi penduduk disebabkan karena banyaknya jumlah penduduk yang terdapat dalam luasan wilayah.

Kata Kunci : Karbondioksida, konsentrasi CO₂, metode spasial, pencemaran udara.

Abstract

Air pollution can come from motor vehicle fumes, factory smoke, and other particles which give impact toward decreasing of air quality. Mojokerto is a small city with population density is 8285 people km⁻², high activity from transportations and industries so that need to held a research about spread of carbondioxide which is produced by combustion from many activities. This research use spatial method belongs to calculated carbondioxide concentration. Discriptive quantitative method is used to describe result of calculation in this study and spatial method is used to explain spread of carbondioxide in Mojokerto. Result of research showed that total concentration of CO₂ in Mojokerto is 4.424 kg m⁻³, 60,5% from respiration population, LPG 26,3%, 8,8% transportations and 4,4% from industry. Level of pollution in Mojokerto most affected by the concentration of CO₂ respiration population. Total concentration of CO₂ respiration resident in Mojokerto is 2.677 kg m⁻³. Respiration CO₂ concentration is highest population in Mentikan village that is equal to 0.448 kg m⁻³ or 14.5% from total of CO₂ concentration respirasi in Mojokerto. The high concentration of CO₂ respiration of the population due to the large number of resident who are in the area of the region.

Keywords : Air pollution, carbondioxide, CO₂ concentration, spatial method.

PENDAHULUAN

Pencemaran udara adalah dimasukkannya atau masuknya makhluk hidup, energi, zat atau komponen yang lain ke dalam udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia maupun proses alam, sehingga kualitas udara mengalami penurunan sampai ke tingkat tertentu yang mengakibatkan udara menjadi tidak berfungsi sebagaimana mestinya (Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup RI 1991). Pencemaran udara dapat berasal dari asap kendaraan bermotor, asap pabrik maupun partiker lain. Pencemar udara antara lain NO_x , SO_2 , CO_2 , Pb, HC, dan debu. Sumber pencemar dapat digolongkan menjadi 2 berdasarkan mobilitas sumber pencemar, yaitu sumber diam (*stationery*) dan sumber bergerak (kendaraan).

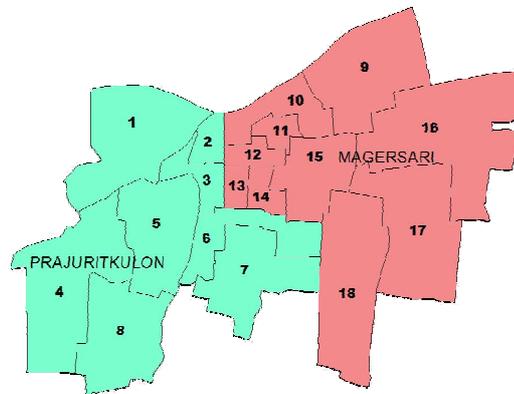
Mojokerto merupakan kota kecil yang memiliki jumlah penduduk sebesar 136.373 jiwa dengan luas wilayah sebesar 1.646,54 Ha dan kepadatan penduduk sebesar 8285 jiwa km^{-2} (BPS, 2014). Aktifitas transportasi di Kota Mojokerto sangat padat, karena adanya daya tarik dari sektor wisata dan perkembangan perekonomian di Kota Mojokerto yang semakin meningkat. Meningkatnya pembangunan dalam semua aspek menyebabkan meningkatnya pencemaran lingkungan hidup sehingga perlu upaya pengendalian dampak lingkungan (Boediningsih, 2011). Penurunan kualitas udara tersebut dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan penduduk dan dapat menyebabkan pencemaran udara di Kota Mojokerto sehingga perlu diadakan penelitian tentang agihan polutan CO_2 di Kota Mojokerto dengan system informasi geografi (SIG) dengan tujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran dan mengetahui sebaran CO_2 di Kota Mojokerto agar dapat dijadikan bahan analisa dalam penentuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Mojokerto.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari mulai bulan Nopember 2014 sampai bulan Februari 2015 di Kota Mojokerto dengan batas wilayah

7°33' LS dan 122°28' BT. Kota Mojokerto mempunyai 2 Kecamatan yaitu Kecamatan Magersari dan Kecamatan Prajurit Kulon, dan mempunyai 18 Kelurahan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Administrasi Kota Mojokerto (BAPPEDA, 2014) 1. Pulorejo; 2. Kauman; 3. Mentikan; 4. Blooto; 5. Prajurit Kulon; 6. Miji; 7. Kranggan; 8. Surodinawan; 9. Wates; 10. Magersari; 11. Gedongan; 12. Purwotengah; 13. Sentanan; 14. Jagalan; 15. Balongsari; 16. Kedundung; 17. Gunung Gedangan; 18. Meri.

Data luas wilayah, jumlah penduduk, jumlah Kepala Keluarga (KK) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Luas Wilayah, Σ penduduk, Σ KK, kepadatan penduduk di Kota Mojokerto

Kel.	Luas (m^2)	Σ Penduduk	Σ KK	Kepadatan penduduk
Kecamatan Prajurit Kulon				
1	142.35	7436	2407	52.2
2	18.63	3270	1059	175.5
3	18.90	7574	2278	400.7
4	178.07	5957	1887	33.5
5	119.53	7780	2332	65.0
6	39.60	9269	3053	234.1
7	113.31	13385	4383	118.1
8	145.88	7473	2187	51.2
Kecamatan Magersari				
9	132.10	20524	6412	155.4
10	32.89	5911	1991	179.7
11	14.68	2418	849	164.7
12	13.47	1756	617	130.4
13	13.85	2504	815	180.8
14	16.55	3323	1049	200.8
15	82.86	7875	2584	95.0
16	228.58	14807	4713	64.8
17	170.45	6858	2162	40.2
18	164.84	8253	2558	50.0

Sumber : BPS Kota Mojokerto 2014

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data

sekunder berupa peta Kota Mojokerto, data jumlah penduduk, penggunaan LPG, industri, jalan, dan kendaraan yang didapatkan melalui metode survei dan observasi. Data primer berupa *traffic counting* yang dilakukan di beberapa ruas jalan di Kota Mojokerto. Pengolahan data dalam penelitian ini meliputi perhitungan konsentrasi emisi karbondioksida dan pengolahan data spasial dengan menggunakan *software* Arcview 3.3.

1. Konsentrasi CO₂ Respirasi Penduduk

Perhitungan Konsentrasi CO₂ respirasi penduduk (PCO₂) dalam kg th⁻¹ dengan rumus jumlah penduduk ($\sum P$) dikalikan nilai faktor emisi (FE) dalam kg th⁻¹ (Gratimah, 2009).

$$P \text{ CO}_2 \text{ (kg th}^{-1}\text{)} = \sum P \times FE \quad (1)$$

2. Konsentrasi CO₂ Konsumsi LPG

Perhitungan konsentrasi CO₂ LPG didapatkan dengan pendekatan melalui faktor emisi (FE) yang diasumsikan 63.1 kg MJ⁻¹, konsumsi LPG (Fcy) dalam kg th⁻¹, dan *net calory value* (NCV) / berat bersih LPG 47,3 MJ kg⁻¹ (IPCC, 2006).

$$Pey = Fcy \times FE \times NCV \text{ LPG} \quad (2)$$

3. Konsentrasi CO₂ Industri

Perhitungan konsentrasi CO₂ dari industri menggunakan model *Gaussian point source* (Cooper, 2002). Konsentrasi CO₂ Industri dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kekuatan emisi (Q) dalam grdt⁻¹, kecepatan angin (U) dalam mdt⁻¹, jarak *downwind* (x), jarak *crosswind* (y), tinggi efektif cerobong (H), koefisien dispersi horisontal dan vertical (σ_y, z).

$$C_1 = \frac{Q}{2\pi U y \sigma_z} \left(\exp 0.5 \frac{-H^2}{\sigma_z^2} \right) \left(\exp 0.5 \frac{-y^2}{\sigma_y^2} \right) \quad (3)$$

4. Konsentrasi CO₂ kendaraan bermotor

Perhitungan konsentrasi CO₂ kendaraan bermotor menggunakan rumus *Gaussian Line Source Model* (Rau dan Wooten, 1980).

$$C_k = \frac{2Q/L}{(2\pi)0.5U\sigma_z} \left(\exp -0.5 \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right) \quad (4)$$

CO₂ kendaraan bermotor dihitung tiap ruas jalan yang kemudian sebaran tiap ruas jalan tersebut dijadikan per Kelurahan. Kendaraan yang dihitung dalam penelitian ini yaitu sepeda motor, mobil, truk besar, truk kecil, bus besar, dan bus kecil.

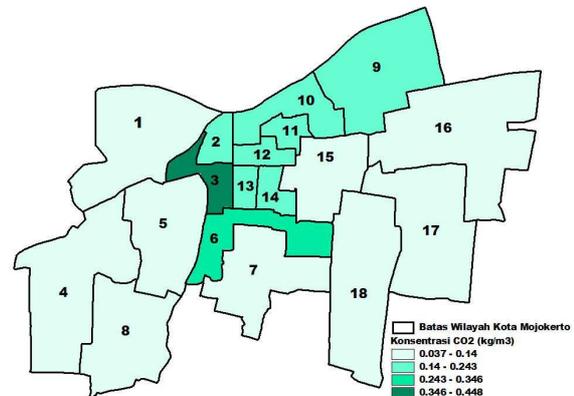
Analisis Spasial

Pengolahan data secara spasial dilakukan dengan menggunakan *software* Arcview 3.3 yang didalamnya dilakukan beberapa tahapan yaitu *entry data*, *gridding*, *map calculation*, dan *overlay* sehingga didapatkan *output* berupa Peta Total Konsentrasi CO₂ di Kota Mojokerto. Hasil tersebut kemudian dideskripsikan secara kuantitatif jumlah CO₂ tiap Kelurahan. Sebaran emisi CO₂ dijelaskan secara spasial dan untuk lokasi yang mempunyai konsentrasi CO₂ terbesar juga dapat diketahui sehingga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Konsentrasi CO₂ Respirasi Penduduk

Peta konsentrasi CO₂ respirasi penduduk tiap Kelurahan seperti Gambar 2 berikut.



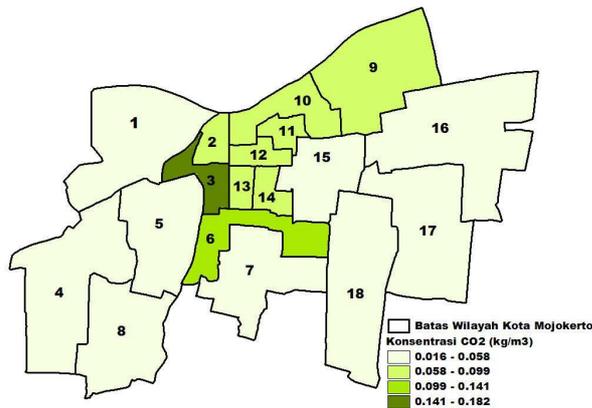
Gambar 2 Peta Konsentrasi CO₂ Respirasi Penduduk tiap Kelurahan (kg m⁻³) 1. Pulorejo (0.058); 2. Kauman (0.196); 3. Mentikan (0.448); 4. Blooto (0.037); 5. Prajurit Kulon (0.073); 6. Miji (0.262); 7. Kranggan (0.132); 8. Surodinawan (0.057); 9. Wates (0.174); 10. Magersari (0.201); 11. Gedongan (0.184); 12. Purwotengah (0.146); 13. Sentanan (0.202); 14. Jagalan (0.225); 15. Balongsari (0.106); 16. Kedundung (0.072); 17. Gunung Gedangan (0.045); 18. Meri (0.056).

Konsentrasi CO₂ respirasi penduduk yang didapatkan dari perhitungan dapat diketahui bahwa Kelurahan yang mempunyai konsentrasi CO₂ tertinggi yaitu

Kelurahan Mentikan sebesar 16.7% dari jumlah konsentrasi respirasi penduduk sebesar 2.677 kg m^{-3} . Tingginya konsentrasi CO_2 respirasi penduduk dipengaruhi oleh jumlah penduduk dalam luasan wilayah sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah penduduk berbanding terbalik dengan luasan suatu wilayah.

2. Konsentrasi CO_2 Sumber LPG

Peta konsentrasi CO_2 LPG tiap Kelurahan di Kota Mojokerto. Peta tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



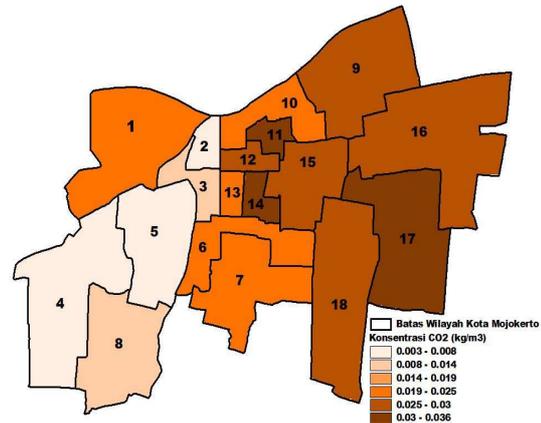
Gambar 3 Peta Konsentrasi CO_2 LPG tiap Kelurahan (kg m^{-3}) 1. Pulorejo (0.026); 2. Kauman (0.086); 3. Mentikan (0.182); 4. Blooto (0.016); 5. Prajurit Kulon (0.029); 6. Miji (0.117); 7. Kranggan (0.058); 8. Surodinawan (0.023); 9. Wates (0.073); 10. Magersari (0.092); 11. Gedongan (0.087); 12. Purwotengah (0.069); 13. Sentanan (0.089); 14. Jagalan (0.096); 15. Balongsari (0.047); 16. Kedundung (0.031); 17. Gunung Gedangan (0.019); 18. Meri (0.023).

Peta konsentrasi CO_2 LPG yang didapatkan menunjukkan bahwa konsentrasi CO_2 LPG yang tertinggi terdapat di Kelurahan Mentikan yaitu 15.6% dari jumlah konsentrasi CO_2 penggunaan LPG yaitu 1.164 kg m^{-3} . Kelurahan yang mempunyai konsentrasi tertinggi kedua yaitu Kelurahan Jagalan sebesar 8.2% dan selanjutnya yaitu Kelurahan Sentanan sebesar 7.6% dari jumlah konsentrasi CO_2 penggunaan LPG di Kota Mojokerto. Tingginya konsentrasi CO_2 LPG dipengaruhi oleh jumlah KK dalam suatu luasan wilayah sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah KK berbanding terbalik dengan luasan wilayah. Konsentrasi CO_2 LPG berbanding lurus dengan konsentrasi CO_2 respirasi penduduk karena dipengaruhi

oleh jumlah penduduk maupun KK per luasan wilayah (Gratimah, 2009).

3. Konsentrasi CO_2 Sumber Kendaraan Bermotor

Peta konsentrasi CO_2 kendaraan bermotor tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Peta Konsentrasi CO_2 Kendaraan Bermotor (kg m^{-3}) 1. Pulorejo (0.023); 2. Kauman (0.003); 3. Mentikan (0.012); 4. Blooto (0.004); 5. Prajurit Kulon (0.007); 6. Miji (0.023); 7. Kranggan (0.020); 8. Surodinawan (0.010); 9. Wates (0.029); 10. Magersari (0.025); 11. Gedongan (0.034); 12. Purwotengah (0.028); 13. Sentanan (0.023); 14. Jagalan (0.031); 15. Balongsari (0.027); 16. Kedundung (0.028); 17. Gunung Gedangan (0.036); 18. Meri (0.028).

Peta konsentrasi CO_2 kendaraan bermotor yang telah didapatkan menunjukkan bahwa Kelurahan Gunung Gedangan merupakan Kelurahan yang mempunyai konsentrasi CO_2 kendaraan bermotor tertinggi yaitu sebesar 9.2% yang merupakan jalan Bypass yang ramai dilalui oleh banyak kendaraan. Jalan Bypass termasuk dalam kategori jalan arteri yaitu jenis jalan yang memiliki potensi beban emisi CO_2 (Hakim dan Utomo, 2004). Kelurahan yang mempunyai konsentrasi tinggi selanjutnya yaitu Kelurahan Gedongan yaitu 8.7%, dan Kelurahan yang mempunyai konsentrasi tinggi ketiga yaitu Kelurahan Jagalan sebesar 7.9% dari jumlah konsentrasi CO_2 kendaraan bermotor di Kota Mojokerto yaitu 0.390 kg m^{-3} .

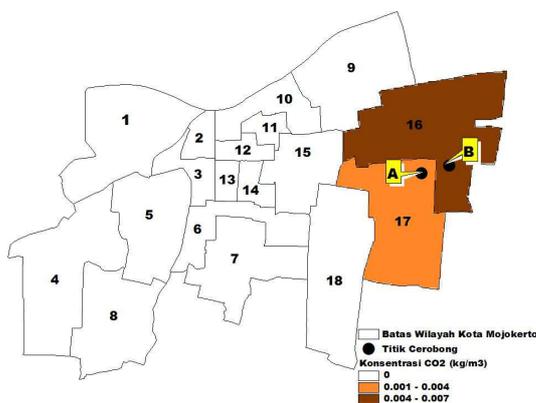
Tingginya konsentrasi CO_2 kendaraan bermotor dipengaruhi oleh jumlah kendaraan, jenis kendaraan, bahan bakar dan faktor emisi bahan bakar yang digunakan. Keterbatasan ruang

menyebabkan gerakan udara terbatas sehingga konsentrasi CO₂ di udara meningkat meskipun turbulensi yang ditimbulkan dari kendaraan yang bergerak (Putut, E. 2011)

4. Konsentrasi CO₂ Sumber Industri

Kota Mojokerto memiliki dua industri yaitu industri meubel kayu (A) di Kelurahan Gunung Gedangan dan menghasilkan emisi CO₂ dari proses pembakaran serbuk gergaji dan potongan kayu yang tidak terpakai dan industri pakan ternak (B) yang terletak di Kelurahan Kedundung, pabrik ini menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari pembakaran dalam proses pembuatan palleting. Emisi CO₂ yang dihasilkan tergantung banyaknya penggunaan bahan bakar, dan jenis yang digunakan dalam proses produksi mempengaruhi kapasitas emisi yang dihasilkan (Ruhiat, 2008) sehingga dari penggunaan bahan bakar tersebut dapat diketahui kekuatan emisi yang dihasilkan oleh tiap industri.

Kelurahan yang terpapar emisi CO₂ hanya dua Kelurahan yaitu Kelurahan Gunung Gedangan dan Kedundung. Paparan emisi CO₂ mengikuti arah angin, dimana arah angin Kota Mojokerto dominan kearah timur sehingga untuk agihan CO₂ tidak menuju arah Kelurahan sebelah barat melainkan menuju kearah Kota Mojokerto bagian timur atau menuju ke Kabupaten Mojokerto. Peta konsentrasi CO₂ industri dapat dilihat pada Gambar 5.



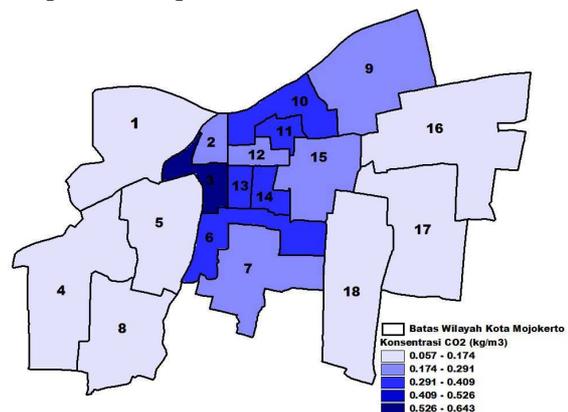
Gambar 5 Peta Konsentrasi CO₂ Industri

Peta konsentrasi CO₂ industri yang telah didapatkan diketahui bahwa

Kelurahan yang memiliki konsentrasi CO₂ tertinggi yaitu Kelurahan Kedundung yaitu sebesar $0.065 \times 10^{-8} \text{ kg m}^{-3}$ atau 66.5% sedangkan untuk Kelurahan Gunung gedangan sebesar $0.129 \times 10^{-8} \text{ kg m}^{-3}$ atau 33.5 % dari jumlah konsentrasi CO₂ industri di Kota Mojokerto yaitu $0.194 \times 10^{-8} \text{ kg m}^{-3}$. Tingginya konsentrasi CO₂ industri dipengaruhi oleh besarnya nilai kekuatan emisi (Q) dan tinggi cerobong dari tiap industri dan kecepatan angin. Tingginya kecepatan angin dapat mempengaruhi proses difusi asap industri di udara (Puspitasari, 2011) dan kecepatan dan arah angin mempengaruhi kecepatan dispersi (Putut, E. 2011).

5. Konsentrasi CO₂ Semua Sumber

Peta Konsentrasi keempat sumber emisi CO₂ dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Peta Total Konsentrasi CO₂ tiap Kelurahan (kg m⁻³)

Hasil dari perhitungan keempat sumber CO₂ didapatkan total konsentrasi CO₂ respirasi penduduk sebesar 2.677 kg m^{-3} , konsumsi LPG sebesar 1.164 kg m^{-3} , kendaraan bermotor sebesar 0.389 kg m^{-3} , dan industri sebesar 0.194 kg m^{-3} . Total konsentrasi CO₂ di Kota Mojokerto menunjukkan bahwa emisi CO₂ yang paling berpengaruh adalah respirasi penduduk, kemudian LPG, kendaraan bermotor dan terakhir Industri. Kelurahan yang mempunyai konsentrasi CO₂ tertinggi adalah Kelurahan Mentikan yaitu sebesar 14.5% dari jumlah total konsentrasi CO₂ di Kota Mojokerto (4.424 kg m^{-3}) karena respirasi penduduk dipengaruhi oleh jumlah penduduk per luasan wilayah dan

kepadatan penduduk Kelurahan Mentikan adalah 400.7 jiwa/km.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi CO₂ di Kota Mojokerto yang paling berpengaruh adalah emisi CO₂ respirasi penduduk, yaitu terdapat pada Kelurahan Mentikan sebesar 14.5% dari total konsentrasi CO₂ dan peta agihan polutan CO₂ dapat diketahui dengan menghitung total konsentrasi CO₂ tiap Kelurahan di Kota Mojokerto.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPPEDA, 2014. *Peta Administrasi Kota Mojokerto*. Badan Pembangunan Daerah Kota Mojokerto, Mojokerto.
- Boediningsih, Widyawati. 2011. *Dampak Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Polusi Udara Di Kota Surabaya*. Fakultas Hukum Universitas Narotama Surabaya. Surabaya.
- BPS, 2014. *Mojokerto Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik, Kota Mojokerto.
- Cooper, David dan F.C Alley. 2002. *Air Pollution Control*. Waveland Press, Unitet State of America.
- Kementrian Menteri Lingkungan Hidup RI. *Keputusan Lingkungan Hidup No. 41 tahun 1999*.
- Gratimah, Gutu RD. 2009. *Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO₂ Antropogenik Di Pusat Kota Medan*. FMIPA-USU, Sumatra Utara.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. GES Published, Japan.
- Puspitasari, Anita D. 2011. *Pola Spasial Pencemaran Udara Dari Sumber Pencemar PLTU dan PLTGU Muara Karang*. FMIPA Universitas Indonesia. Depok.
- Putut, E. 2011. *Simulasi Model Dispersi Polutan Karbon Monoksida Di Pintu Masuk Tol*. Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rau, J.G, dan Wooten, D.C. 1980. *Environmental Impact Analysis Handbook*. Graw Hill Book, New York.
- Ruhiat, Yayat. 2008. *Penyebaran Pencemar Udara Di Kawasan Industri Cilegon*. Fakultas Teknologi Pertanian - IPB. Bogor.