

ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAP EMISI CO₂ OLEH GAS BUANG KENDARAAN BERMOTORDI KELURAHAN TEMBALANG DAN SUMURBOTO

Cartenz Noviantri Handayani*) Abdi Sukmono, Hana Sugiastu Firdaus

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: cartenznh@gmail.com*)

ABSTRAK

Wilayah Kelurahan Tembalang dan Sumurboto sebagai wilayah terdampak perkembangan kawasan pendidikan mengalami peningkatan aktivitas pemenuhan kebutuhan masyarakat yang signifikan. Seiring dengan peningkatan aktivitas tersebut, maka kebutuhan transportasi yang memadai akan meningkat dan mengakibatkan kepadatan kendaraan bermotor di kawasan ini pada jam-jam tertentu. Kondisi ini dapat meningkatkan risiko pemanasan global (*global warming*) akibat kenaikan Efek Rumah Kaca (ERK) yang dipicu oleh meningkatnya emisi CO₂. Maka diperlukan penelitian mengenai keseimbangan lingkungan berupa ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dapat berperan sebagai penyerap emisi CO₂. Metode survei data primer menggunakan pemotretan foto udara UAV untuk peta dasar digitasi persebaran RTH dan *traffic counting* pada puncak lalulintas yang bertujuan untuk mengetahui kadar CO₂ maksimum oleh kendaraan bermotor pada ruas jalan. Analisis penghitungan daya serap dengan mengalikan luas tutupan vegetasi dan daya serapnya terhadap CO₂. Analisis penghitungan kadar emisi CO₂ dengan persamaan kekuatan emisi dan klasifikasinya menggunakan *natrual breaks*. Analisis spasial hasil kekuatan emisi CO₂ dan luas tutupan vegetasi dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geospasial (SIG). Hasil akhir penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 9 ruas jalan dengan daya serap sangat kurang. Saran sebagai penanggulangan kondisi ini adalah dengan optimalisasi RTH eksisting pada Jalan Banjarsari Raya disertai penambahan luas 0,903 Ha, Jalan Jatimulyo disertai penambahan luas 0,729 Ha, Jalan Sirojudin disertai penambahan luas 0,146 Ha, Jalan Soedharto bagian GSG disertai penambahan luas 0,475 Ha, Jalan Soedharto di area jembatan tol disertai penambahan luas 0,837 Ha, Jalan Setiabudi bagian selatan Patung Diponegoro disertai penambahan luas 12,518 Ha, Setiabudi bagian utara Patung Diponegoro disertai penambahan luas 10,762 Ha, dan Tol Gerbang Tembalang disertai penambahan luas 13,210 Ha.

Kata Kunci: Daya serap CO₂, Emisi CO₂, Foto udara, Ruang Terbuka Hijau (RTH), *Traffic counting*

ABSTRACT

*Tembalang and Sumurboto Village as affected areas by the educational activities have increase significant people's activities to supply their needs. Along with it, the need of proper transportation will also increases and will causes density of motorized vehicles at certain hours. This condition can increase the risk of global warming due to the Greenhouse Effect which is triggered by CO₂ emissions. So this research is needed for environmental balance to know about Green Open Space availability that can absorb CO₂ emissions. The primary data survey method uses aerial photography for the basemap of the distribution of Green Open Space, and traffic counting at the peak traffic which aims to determine maximum CO₂ levels on the road. Calculation analysis of Green Open Space absorption is by multiplying the area of vegetation cover and its CO₂'s absorption capacity. Calculation analysis of CO₂ emission levels uses equation of emission strength and the level's classification uses *natrual breaks*. Spatial analysis of the CO₂'s strength emissions and the area of vegetation cover is using the Geospatial Information System (GIS) method. The final results of this research indicate that there are 9 roads with CO₂ emissions remaining after optimizing the existing Green Open Space. Suggestions to overcome this condition are by optimizing the existing green open spaces on Jalan Banjarsari Raya with 0,903 Ha additional area, Jalan Jatimulyo with 0,729 Ha additional area, Jalan Sirojudin with 0,146 Ha additional area, Jalan Soedharto GSG section with 0,475 Ha additional area, Jalan Soedharto in the area toll bridge with 0,837 Ha additional area, Jalan Setiabudi in the southern part of Diponegoro Statue with 12,518 Ha addition area, Setiabudi in the northern part of Diponegoro Statue with 10,762 Ha addition area, and Tembalang Gate Toll Road with 13,210 Ha addition area.*

Key Word: *Aerial photography, CO₂ absorbtion, CO₂ emission, Green Open Space, Traffic counting*

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kelurahan Tembalang dan Sumurboto sebagai wilayah terdampak perkembangan kawasan pendidikan mengalami peningkatan aktivitas pemenuhan kebutuhan masyarakat yang signifikan (Samadikun dkk., 2014). Menurut Prayoga (2013), kawasan di sekitar kampus Undip Tembalang (Tembalang, Bulusan, Sumurboto, dan Pedalangan) merupakan kawasan Kota Semarang yang mengalami gentrifikasi, yakni proses bermukimnya kaum dengan kelas lebih tinggi menggantikan penduduk semula sehingga menciptakan pola aktivitas yang baru.

Kondisi infrastruktur penunjang aktivitas masyarakat yang meningkat ini dapat menimbulkan dampak negatif yang besar terhadap masyarakat di wilayah itu sendiri. Menurut hasil observasi dan wawancara Samadikun dkk (2014), masalah lingkungan yang timbul salah satunya terjadi penurunan kualitas dan kuantitas Ruang Terbuka Hijau (RTH) di sekitar permukiman, serta jalur transportasi yang kian padat dan sering macet. Kebutuhan akan transportasi yang memadai mengakibatkan kepadatan sepeda motor, ojek online, mobil pribadi, angkutan umum, serta bus Trans Semarang (BRT) di kawasan ini pada jam-jam tertentu.

Aktivitas ini menyebabkan tingginya kadar Gas Rumah Kaca (GRK) oleh pembakaran kendaraan bermotor dan dapat meningkatkan risiko pemanasan global. Gas CO₂ berkontribusi dalam peningkatan suhu permukaan bumi. Meski indeks pemanasan globalnya paling kecil tetapi konsentrasinya adalah yang paling besar setelah uap air, namun uap air mudah kembali menjadi air sedangkan CO₂ memiliki waktu hidup di atmosfer yang panjang (Samiaji, 2011). CO₂ merupakan emisi pencemar paling tinggi dihasilkan oleh sektor transportasi darat (Tiarani, 2016).

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Semarang No. 7 Tahun 2010, RTH adalah area memanjang atau jalur dan/atau mengelompok yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun sengaja ditanam. RTH memiliki fungsi ekologi terhadap keseimbangan, kelangsungan, kesehatan, kenyamanan, kelestarian, dan peningkatan kualitas lingkungan suatu wilayah (Joga & Ismaun, 2011). Salah satu manfaat besarnya adalah sebagai penyerap emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas masyarakat. Maka dibutuhkan analisis daya serap RTH yang tersedia di wilayah Kelurahan Tembalang dan Sumurboto terhadap tingkat keramaian kendaraan di tiap ruas jalannya sehingga didapatkan model dan luasan RTH yang ideal.

Berangkat dari kondisi permasalahan yang ditemukan di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto, maka dapat ditetapkan perumusan masalah penelitian.

I.2 Perumusan Masalah

Kondisi permasalahan yang telah dijabarkan melatarbelakangi rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto?

2. Berapa besar emisi CO₂ yang dibuang kendaraan bermotor pada ruas jalan di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto?
3. Bagaimana ketersediaan RTH sebagai penyerap CO₂ terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kemampuan RTH dalam menyerap CO₂ di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto.
2. Menganalisis besar emisi CO₂ yang dibuang kendaraan bermotor pada ruas jalan di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto.
3. Menganalisis ketersediaan RTH sebagai penyerap CO₂ terhadap emisi gas buang kendaraan bermotor di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Tembalang Kecamatan Tembalang dan Kelurahan Sumurboto Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang sebagai daerah terpengaruh aktivitas kampus.
2. Data yang digunakan adalah foto udara Kelurahan Tembalang dan Sumurboto, koordinat titik kontrol, serta data volume kendaraan hasil *traffic counting*.
3. Metode pengambilan foto udara menggunakan UAV di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto untuk dijadikan peta dasar dalam digitasi RTH.
4. Metode pengukuran titik kontrol menggunakan GPS geodetik di atas titik-titik rencana GCP dan ICP untuk koreksi geometrik dan uji *orthophoto*.
5. Metode survei volume kendaraan menggunakan *traffic counting* pada sampel waktu-waktu puncak lalu lintas. Survei bertujuan untuk mengetahui besar emisi CO₂ maksimal yang dihasilkan kendaraan bermotor pada ruas jalan yang diamati sebagai keluar masuknya transportasi. Waktu-waktu puncak didapatkan dari wawancara kepada pihak yang hampir setiap saat dapat menyaksikan arus lalu lintas pada jalan tersebut.
6. Analisis luas dan sebaran RTH dengan digitasi tutupan lahan dari *orthophoto* menggunakan metode Sistem Informasi Geospasial (SIG). Penghitungan daya serap RTH diperoleh dari perkalian luas tutupan vegetasi dan konstanta daya serap CO₂ yang bersumber dari penelitian Adiajari (2011).
7. Analisis penghitungan beban emisi CO₂ berdasarkan arus lalu lintas hasil olahan survei, faktor emisi, dan panjang ruas jalan menggunakan rumus Yamin dkk dalam Sihotang (2010).
8. Analisis ketersediaan RTH sebagai penyerap emisi CO₂ oleh kendaraan dilakukan di unit yang tercapuk area dispersi gas buang kendaraan di jalan yang diamati. Ruas jalan yang merupakan sumber munculnya emisi masing-masing ditarik radius dengan analisis *buffer* untuk membuat skenario jarak-jarak dispersinya.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Foto Udara

Foto udara (*aerial photography*) adalah hasil pemotretan area dari ketinggian tertentu menggunakan sebuah wahana berkamera (Wicaksono, 2009). Foto udara yang dapat digunakan untuk pemetaan fotogrametri adalah foto udara tegak dimana saat pemotretan udara dilakukan, sumbu kamera tegak lurus permukaan bumi. Model dapat terbentuk jika foto yang diambil memiliki area bertampalan lebih dari 60%.

Tahap perencanaan perlu menentukan skala, luasan area, lokasi, tujuan penggunaan data foto udara, dan prioritas perekaman objek (objek yang harus terekam dengan kualitas baik) sebagai pertimbangan. Pengambilan foto udara berhubungan dengan penentuan alat, lingkup dan pembagian area terbang, jalur terbang, tinggi terbang dan *overlap*, serta estimasi waktu terbang.

Orthorektifikasi adalah proses mengurangi efek distorsi geometrik foto udara yang dihasilkan wahana bergerak di atas permukaan bumi pada ketinggian tertentu, sehingga hasil akhir berupa citra foto udara utuh yang telah terkoreksi perspektifnya.

II.2 Ketelitian Geometri Peta Dasar

Menurut Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, ketelitian geometri adalah nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat objek pada peta dibandingkan dengan koordinat objek yang dianggap benar.

II.2.1 Pembuatan Titik GCP dan ICP

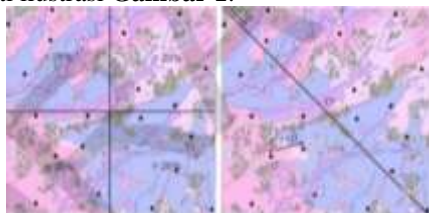
Ground Control Point (GCP) adalah titik teridentifikasi di tanah untuk verifikasi posisi pada peta.

Syarat penentuan titik GCP adalah:

1. Lokasi pada sisi perimeter area citra
2. Lokasi pada tengah area/scene
3. Lokasi pada wilayah perbatasan/*overlap scene* citra
4. Lokasi titik tersebar secara merata dalam area citra
5. Lokasi titik menyesuaikan kondisi *terrain*

Independent Control Point (ICP) adalah titik yang digunakan sebagai titik uji dengan perbandingan koordinat citra dan koordinat di lapangan, sehingga tidak dimasukkan ke dalam proses orthorektifikasi. Titik uji yang digunakan sebagai uji akurasi memiliki beberapa prinsip dalam penentuan sebarannya, yaitu:

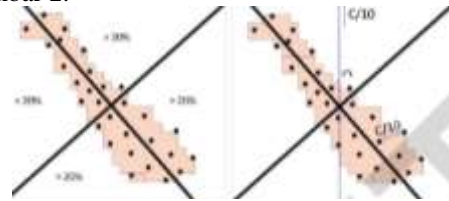
1. Sebaran titik uji harus merata di seluruh area dengan ketentuan jumlah titik minimum setiap kuadran adalah 20% total titik, dan jarak titik uji minimum adalah 10% jarak diagonal (C) area yang diuji seperti ilustrasi **Gambar 1**.



Gambar 1 Distribusi titik uji (SNI 8202:2015 dalam Al Amin, 2017)

2. Area tak beraturan memiliki empat bagian kuadran yang dipisahkan oleh sumbu silang dan berpusat

pada titik berat objek. Ketentuan diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Distribusi titik uji area tak beraturan (SNI 8202:2015 dalam Al Amin, 2017)

II.2.2 Penentuan ketelitian peta dasar

Ketelitian peta dasar berpedoman pada Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014. *Circular Error 90%* (CE90) adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yang mendefinisikan kesalahan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap benar sehingga tidak lebih besar dari radius lingkaran 90%. Nilai CE90 didapat dari rumus yang mengacu pada standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) dan pengecekan kelas ketelitian geometri peta RBI seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Ketelitian geometri peta RBI (Perka BIG No. 15 Tahun 2014)

No	Skala	Jumlah Titik (n)	Ketelitian Geometri Peta RBI						
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3		
			Horizontal (IC90 dalam m)	Vertikal (IC90 dalam m)	Horizontal (IC90 dalam m)	Vertikal (IC90 dalam m)	Horizontal (IC90 dalam m)	Vertikal (IC90 dalam m)	
1	1:1.000.000	400	300	300	300	300	300	300	300
2	1:500.000	200	150	150	150	150	150	150	150
3	1:250.000	100	75	75	75	75	75	75	75
4	1:125.000	50	38	38	38	38	38	38	38
5	1:62.500	25	19	19	19	19	19	19	19
6	1:31.250	13	10	10	10	10	10	10	10
7	1:15.625	7	5	5	5	5	5	5	5
8	1:7.812	4	3	3	3	3	3	3	3
9	1:3.906	2	2	2	2	2	2	2	2
10	1:1.953	1	1	1	1	1	1	1	1

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
	Horizontal	0,3 x bilangan skala	0,6 x bilangan skala
Vertikal	0,3 x interval kontur	1,6 x ketelitian kelas 1	2 x ketelitian kelas 1

II.3 Ruang Terbuka Hijau (RTH)

RTH adalah area memanjang atau jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M /2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan).

Analisis ketersediaan RTH memerlukan pengetahuan tentang peningkatan kemampuan daya serap vegetasi terhadap CO₂ yang tepat agar dapat menciptakan kondisi suhu kota yang sejuk. Beberapa hal perlu diperhatikan agar tanaman dapat maksimal mengatasi ERK melalui pemerosotan karbon dioksida antara lain (Dahlan, 2014):

1. Jenis tanaman adalah jenis yang sangat rakus dalam menyerap gas karbon dioksida
2. Luas lahan cukup luas dan merata di seluruh kota
3. Jenis tanaman tergolong bongor (*fast growing*)
4. Kerapatan pohon agar menyerap lebih banyak CO₂
5. Jarak pohon yang mendekati ke bangunan

Kemampuan tanaman dalam menyerap gas CO₂ bermacam-macam, bergantung pada tipe tutupan vegetasinya. Tipe tutupan vegetasi tersebut berupa pohon, semak belukar, padang rumput, sawah. Daya

serap berbagai macam tipe vegetasi terhadap karbon dioksida dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Daya serap RTH terhadap kadar CO₂ (Adiastari, 2011)

No.	Jenis Tutupan Vegetasi	(Ton/ha.th)
1.	Pohon	569,07
2.	Semak belukar	55
3.	Padang rumput	12
4.	Sawah	12

II.4 Menghitung Kadar CO₂ di Jalan

Volume kendaraan adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada ruas jalan per satuan waktu dinyatakan dalam kendaraan/jam atau smp/jam (PM No. 96 Tahun 2015). Beberapa kategori kendaraan yang sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga dalam MKJI dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Unsur lalu lintas (MKJI Bina Marga)

No.	Kendaraan	Pengertian
1.	Sepeda motor (MC)	Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda
2.	Kendaraan ringan (LV)	Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 roda dan dengan jarak as 2 - 3 m
3.	Kendaraan berat (HV)	Kendaraan bermotor dengan lebih dari 4 roda
4.	Kendaraan tak bermotor (UM)	Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan

Menurut Yamin dkk dalam Sihotang (2010), untuk menghitung kadar CO₂ menggunakan kekuatan emisi untuk menunjukkan volume yang dikeluarkan per satuan waktu. Persamaan Kekuatan Emisi yang dibuat oleh Yamin dkk tersebut adalah :

$$Q = n \times FE \times K \times L$$

Q : kekuatan emisi (gram/detik)
 n : volume kendaraan (smp/detik) atau arus kendaraan berupa satuan mobil penumpang (smp) per waktu
 FE : faktor emisi (gram/liter)
 K : konsumsi bahan bakar (liter/100km)
 L : panjang jalan (km)

Arus kendaraan adalah jumlah kendaraan bermotor yang melewati suatu titik pada jalan per satuan waktu. Faktor emisi adalah nilai hubungan kuantitas polutan yang dilepaskan dari aktivitas terkait dengan sumber polutan seperti pada **Tabel 4**. Panjang jalan untuk perhitungan beban emisi CO₂ yang dibatasi dari persimpangan jalan sebagai titik awal dan persimpangan berikutnya sebagai titik akhir.

Tabel 4 Faktor emisi polutan per km (Dewi, 2008)

No.	Jenis Kendaraan	gr/km	ton/km	
1.	Sepeda motor	266	0,000266	
2.	Mobil penumpang:	a. Bensin	270	0,000270
		b. Solar	190	0,000190
3.	Bus	770	0,000770	
4.	Truk	770	0,000770	

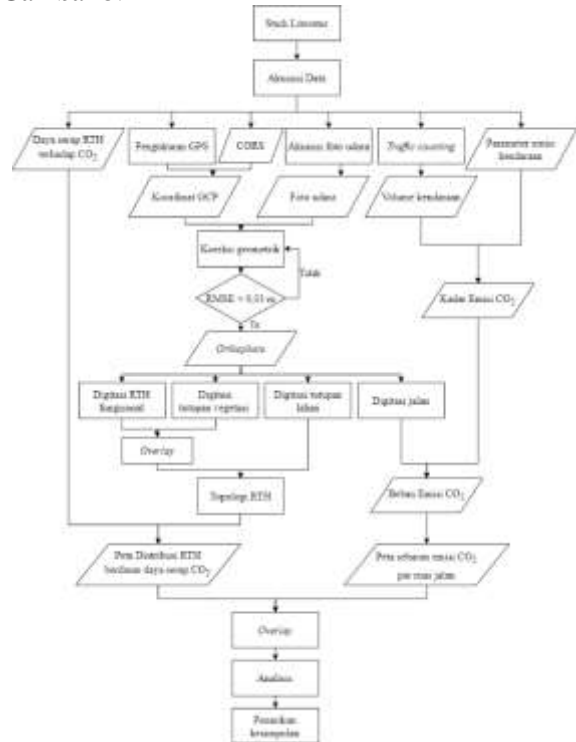
II.5 Sistem Informasi Geospasial (SIG)

SIG merupakan suatu sistem informasi berbasis komputer yang dirancang untuk menangkap, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data informasi spasial bereferensikan kepada kondisi bumi.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram alir

Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Diagram alir penelitian

III.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- Perangkat keras yang digunakan:
 - UAV DJI Phantom 4 Professional
 - Workstation HP Z2 Mini G3
 - GPS Topcon Hiper II dan Hiper GB
 - Laptop Lenovo ideapad 330s
 - Smartphone Oppo A83
- Perangkat lunak yang digunakan:
 - Drone Deploy dan DJI Go
 - Agisoft Photoscan Professional
 - Topcon Tool 8.2
 - ArcMap 10.4.1
 - Microsoft Office

III.3 Data

Data-data yang dibutuhkan dan digunakan untuk menunjang penelitian ini sebagai berikut:

- Data foto udara menggunakan UAV di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto untuk kemudian dijadikan peta dasar dalam digitasi persebaran RTH.
- Data titik kontrol dari pengukuran GPS geodetik di atas titik rencana GCP ICP dalam koreksi geometrik orthophoto. Data CORS BIG untuk kebutuhan pengolahan post-processing titik kontrol.
- Data survei traffic counting pada sampel waktu-waktu puncak lalu lintas. Waktu-waktu puncak didapatkan dari wawancara kepada pihak yang hampir setiap saat dapat menyaksikan arus lalu lintas pada jalan tersebut.

III.4 Akuisisi Data GPS

Survei lapangan dibutuhkan untuk penyesuaian lokasi titik kontrol. Titik kontrol yang baik adalah berlokasi terbuka, tidak tertutupi kanopi bangunan ataupun pohon dan dapat terlihat dari hasil foto udara nantinya. Penentuan titik kontrol dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti jumlah, sebaran dan letak seperti yang dijelaskan pada II.2.

Pengukuran GPS penelitian ini menggunakan metode *rapid static* dengan 3 - 4 *receiver* sebagai titik diferensial dan CORS BIG sebagai *base*. Pengukuran dilakukan di atas titik kontrol dengan diam di atas statif dan dalam waktu yang cukup singkat.

III.5 Akuisisi Foto Udara UAV

Proses pembuatan rencana dan jalur terbang dilakukan pada *software* Drone Deploy dengan ketinggian 100 m di atas permukaan tanah serta *sidelap* dan *overlap* berturut-turut 60% dan 70%. Setelah melaksanakan proyek terbang, data foto diproses membentuk *orthophoto* dengan *software* Agisoft Photoscan Professional.

III.6 Digitasi on-screen

Digitasi dilakukan dengan peta dasar *orthophoto* untuk mengetahui tutupan lahan dan luas areanya. Digitasi dilakukan pada tutupan lahan yang tidak termasuk RTH (aksesibilitas, perairan, bangunan) dan RTH yang melingkupi dua unsur yaitu klasifikasi RTH fungsional berdasarkan Perda Kota Semarang No. 7 2010 dan klasifikasi jenis tutupan vegetasi berdasarkan daya serap terhadap CO₂.

Proses *overlay* RTH eksisting dan tutupan vegetasi menggunakan *union* dalam menggabungkan fitur dan atributnya. Proses topologi hasil *union* RTH dan digitasi tutupan lahan untuk menguji kesalahan digitasi berdasarkan aturan-aturan yang ditentukan dan akan diterapkan pada setiap fitur dalam *layer*. Data atribut RTH dipakai dalam perhitungan daya serap di masing-masing kawasan RTH. Perhitungan tersebut dapat dilakukan menggunakan *field calculator* dengan mengalikan luasan RTH dan konstanta daya serapnya.

III.7 Akuisisi Data Traffic Counting

Data arus lalu lintas pada jam puncak disurvei untuk mengetahui kadar CO₂ maksimal oleh kendaraan bermotor pada suatu ruas jalan. Penentuan jam puncak didapatkan dari hasil wawancara kepada pihak yang hampir setiap saat menyaksikan arus lalu lintas seperti tukang parkir, pedagang, atau satpam. Hasilnya pada gerbang kampus disebutkan bahwa jam puncak padat kendaraan adalah pagi pukul 07.00 – 08.30, sedangkan jalan utama lainnya adalah sore pukul 16.00 – 17.30.

Jumlah kendaraan hasil pengamatan dikonversi satuannya menjadi smp/jam dengan mengalikan jumlah dan faktor emp yang diidentifikasi menurut panjang dan tipe potongan melintang jalan yang disesuaikan dengan karakteristik geometriknya seperti pada ketentuan MKJI.

Digitasi ruas jalan untuk visualisasi dan penghitungan kadar emisi CO₂ oleh kendaraan pada

ruas jalan. Penghitungan kadar total emisi per ruas jalan dilakukan dengan persamaan kekuatan emisi (Q) oleh Yamin dkk dalam Sutanahaji (2016). Proses klasifikasi nilai kadar emisi perlu dilakukan untuk menentukan rentang kelas berupa sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Menurut penelitian Crisana (2014) jenis algoritma yang paling baik dalam proses klasifikasi data spasial dan data atribut adalah metode klasifikasi *natural breaks*, karena pengelompokan data bersifat distributif.

III.8 Overlay RTH sebagai Penyerap Emisi CO2 Kendaraan

Analisis ketersediaan RTH sebagai penyerap emisi CO₂ kendaraan dilakukan dengan unit yang tercakup area dispersi gas emisi CO₂ oleh kendaraan maksimal di jalan yang diamati. Ruas jalan yang merupakan sumber munculnya emisi masing-masing ditarik radius dengan analisis *buffer* untuk membuat skenario jarak-jarak dispersinya. Jarak dispersi ditentukan dengan estimasi seberapa jauh gas emisi akan menyebar dari sumbernya. Jarak dispersi yang digunakan adalah 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 250 m, dan jarak terjauh adalah 300 m.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil dan Analisis Daya Serap RTH

IV.1.1 Akurasi foto udara sebagai peta dasar

Pembagian kuadran dan penentuan jarak antar titik ICP dilakukan untuk melihat baik buruknya persebaran titik kontrol yang telah direncanakan. Persebaran yang dilakukan berdasarkan ketentuan dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Persebaran titik kontrol

Titik ICP memiliki prinsip jumlah minimum pada setiap kuadran adalah 20% total titik. Penelitian ini menggunakan 13 titik ICP dan minimal titik di satu kuadran adalah 3-4 titik, sehingga dapat disimpulkan bahwa persebaran berdasarkan pembagian kuadran sudah memenuhi. Pada prinsip ketentuan jarak antar titik ICP minimum adalah sepersepuluh jarak diagonal area yang diuji. Area yang diuji dalam penelitian ini memiliki jarak sebesar 4131,442 m, sehingga jarak minimum antar titik ICP adalah 413,144 m. 13 titik ICP pada penelitian ini memiliki rentang jarak terkecil 424,451 m, sehingga dapat disimpulkan bahwa persebaran ICP berdasarkan jarak antar titik sudah memenuhi.

Resolusi *orthophoto* yang baik dapat dilihat dari hasil *error control points* dari titik GCP dan *error check points* dari titik ICP. Hasil *error control points* dan *error check points* citra dapat dilihat pada **Gambar 5**.

The image shows two screenshots of a software interface. The top screenshot is titled 'Error control points' and shows a table with columns for point ID, X Source, Y Source, X Peta, Y Peta, Residual_x, Residual_y, and Residual. It lists 14 control points with their respective coordinates and residuals. The bottom screenshot is titled 'Error check points' and shows a similar table for 13 check points, including their coordinates and residuals.

Gambar 5 Hasil error orthophoto

Proses ini menggunakan proses transformasi Affine dari koordinat lapangan sebagai koordinat sumber dan koordinat foto sebagai koordinat peta. Total *error control points* yang dihasilkan adalah 0,0106571 m yang berarti bahwa pembentukan *orthophoto* telah terkoreksi geometrik dengan baik karena hasil selisih dari proses transformasi koordinat foto ke koordinat lapangan secara horizontal tidak melebihi resolusi spasialnya. Total *error check points* tertera 0,0297197 yang berarti bahwa ketelitian dalam uji akurasi juga tidak melebihi resolusi spasialnya. Sesuai dengan Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 pada II.2.2, titik uji ICP dihitung nilai CE90 berdasarkan rumus dan kaitannya terhadap skala peta dan kelasnya seperti pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Ketelitian geometrik horizontal

RMSer (m)	CE90 (m)	Skala Peta	Kelas
0,0297197	0,0450996	1:1000	2

Ketelitian geometrik yang didapat dari hasil perhitungan CE90 tersebut memenuhi standar ketelitian kelas 1 dengan nilai kurang dari 0,2 untuk peta skala 1:1000.

IV.1.2 Digitasi dan penghitungan daya serap RTH

Digitasi tutupan lahan dan tutupan vegetasi RTH dilakukan untuk menghitung luasannya. RTH eksisting berdasarkan fungsionalnya sesuai dengan Perda No. 7 Tahun 2010 menunjukkan ada 13 tipe RTH kawasan pada Kelurahan Tembalang dan 12 tipe RTH kawasan pada Kelurahan Sumurboto. Luasannya dapat dilihat di **Tabel 6** untuk RTH eksisting Tembalang dan **Tabel 7** untuk Kelurahan Sumurboto.

Tabel 6 Luasan RTH fungsional Tembalang

No.	RTH kawasan	Ha
1.	Jalur jalan	3,82582
2.	Khusus militer	29,57941
3.	Pemukaman	1,09354
4.	Pendidikan	74,17761
5.	Perdagangan dan jasa	2,34726
6.	Perkantoran dan fasilitas umum	5,23192
7.	Permukiman	45,13980
8.	Pertamanan dan lapangan	1,69181
9.	Pertanian lahan kering	9,82489
10.	Rekreasi dan olahraga	0,38110
11.	Sempadan danau	1,92864
12.	Sempadan sungai	2,03443
13.	Taman hutan raya	26,80482
Total		204,0611
Persentase		74,032 %

Tabel 7 Luasan RTH fungsional Sumurboto

No.	RTH kawasan	Ha
1.	Industri	2,60158
2.	Jalur jalan	4,45004
3.	Pemukaman	0,29089
4.	Pendidikan	0,99838
5.	Perdagangan dan jasa	15,47423
6.	Perkantoran dan fasilitas umum	2,46249
7.	Permukiman	40,62415
8.	Pertamanan dan lapangan	0,55693
9.	Pertanian lahan basah	3,03756
10.	Pertanian lahan kering	0,12005
11.	Rekreasi dan olahraga	0,95115
12.	Sempadan sungai	0,00912
Total		71,57657
Persentase		25,968 %

Kedua analisa RTH fungsional pada masing-masing Kelurahan Tembalang dan Sumurboto menunjukkan bahwa ada beberapa tipe kawasan RTH yang terdapat di Kelurahan Tembalang dan tidak ada di Kelurahan Sumurboto begitu pula sebaliknya. Total keseluruhan menunjukkan persentase area RTH di Kelurahan Tembalang lebih besar yaitu 74,032% dengan luas 204,0611 Ha dan didominasi RTH kawasan pendidikan sebesar 74,17761 Ha, sedangkan persentase area RTH Kelurahan Sumurboto adalah 25,968% dengan luas sebesar 71,57657 Ha dan didominasi RTH kawasan permukiman sebesar 40,62415 Ha.

Tutupan vegetasi Kelurahan Tembalang divisualisasikan pada **Gambar 6** dan keterangan tipe RTH serta luasnya pada **Tabel 8**.



Gambar 6 Tutupan vegetasi RTH Tembalang

Tabel 8 Luas dan daya serap RTH Tembalang

RTH kawasan	Luas		Daya serap
	Ha	%	
Jalur jalan	3,10089	81,052	0,10663
Khusus militer	27,24825	92,119	0,58862
Pemukaman	0,85226	77,936	0,03173
Pendidikan	54,14364	72,992	2,56109
Perdagangan dan jasa	1,17647	50,121	0,07145
Perkantoran dan fasilitas umum	3,08701	59,003	0,06433
Permukiman	35,71506	79,121	1,04627
Pertamanan dan lapangan	1,23078	72,749	0,02951
Pertanian lahan kering	8,58707	87,401	0,28150
Rekreasi dan olahraga	0,38110	100	0,00180
Sempadan danau	0,58458	30,311	0,01882
Sempadan sungai	1,80781	88,861	0,09245
Taman hutan raya	16,92111	63,127	0,71669
Total	154,8361	75,877	5,6109

Luas tutupan vegetasi paling besar ada pada RTH kawasan pendidikan yaitu sebesar 54,14364 Ha dan paling kecil terdapat pada RTH kawasan rekreasi dan olahraga dengan luas 0,3811 Ha. Namun jika dihitung perbandingan tutupan vegetasi dengan luas area RTH-nya, persentase paling tinggi ada pada RTH kawasan rekreasi dan olahraga yaitu 100%, diikuti RTH kawasan khusus militer dengan persentase 92,119% dan paling rendah terdapat pada RTH kawasan sempadan danau sebesar 30,311%. Daya serap Kelurahan Tembalang paling besar pada adalah RTH kawasan pendidikan yaitu sebesar 2,56109 ton/jam. Jika dilihat dari tipe tutupan vegetasinya, total daya serap yang dihasilkan RTH kawasan pendidikan disokong dengan kontribusi besar oleh tutupan vegetasi pohon.

Tutupan vegetasi Kelurahan Sumurboto divisualisasi pada **Gambar 7** dan keterangan tipe RTH serta luasnya pada **Tabel 9**.



Gambar 7 Tutupan vegetasi RTH Tembalang

Tabel 9 Luas dan daya serap RTH Sumurboto

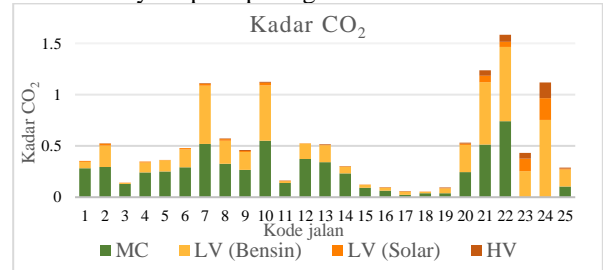
RTH kawasan	Luas		Daya serap
	Ha	%	
Industri	0,85300	32,788	0,05213
Jalur jalan	2,80409	63,013	0,11172
Pemukaman	0,08879	30,523	0,00577
Pendidikan	0,66491	66,599	0,02732
Perdagangan dan jasa	7,04933	45,555	0,33088
Perkantoran dan fasilitas umum	1,27647	51,836	0,07358
Permukiman	30,17100	74,269	1,14903
Pertamanan dan lapangan	0,35627	63,971	0,01016
Pertanian lahan basah	3,03756	100	0,00416
Pertanian lahan kering	0,12005	100	0,00122
Rekreasi dan olahraga	0,70684	74,315	0,00638
Sempadan sungai	0,00912	100	0,00003
Total	47,13744	65,856	1,7724

Luas tutupan vegetasi paling besar ada pada RTH kawasan permukiman yaitu sebesar 30,171 Ha dan paling kecil terdapat pada RTH kawasan sempadan sungai dengan luas 0,00912 Ha. Namun jika dihitung perbandingan tutupan vegetasi dengan luas area RTH-nya, paling tinggi ada pada RTH kawasan pertanian lahan basah, RTH kawasan pertanian kering, dan RTH kawasan sempadan sungai dengan persentase 100% dan paling rendah terdapat pada RTH kawasan pemukiman sebesar 30,523%. Daya serap Kelurahan Sumurboto paling besar pada adalah RTH kawasan permukiman yaitu sebesar 1,14903 ton/jam dan paling kecil terdapat pada

RTH kawasan sempadan sungai dengan daya serap 0,00003 ton/jam.

IV.2 Hasil dan Analisis Kadar Emisi CO₂

Data arus lalu lintas yang dihitung pada proses pengolahan menghasilkan kadar CO₂ pada masing-masing jalan yang dipantau dengan kontribusi tiap tipe kendaraannya seperti pada grafik **Gambar 8**.



Gambar 8 Grafik kadar CO₂ di setiap jalan

Kadar yang dihasilkan tersebut dapat dianalisis berat beban yang dikeluarkan sepanjang jalan dengan dikalikan panjang jalannya masing-masing. Berat CO₂ di sepanjang jalan dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10 Kadar dan berat CO₂ di jalan

No	Nama jalan	Kadar (ton/jam.km)	Berat (ton/jam)
1	Gondang Raya	0,3544	0,1132
2	Banjarsari Raya	0,5221	0,3910
3	Sipodang	0,1397	0,0501
4	Banjarsari Selatan	0,3475	0,1164
5	Jatimulyo	0,3638	0,2267
6	Sirojudin	0,4792	0,2062
7	Prof. Soedharto (GSG)	1,1129	0,1914
8	Prof. Soedharto (Barat Masjid Kampus)	0,5731	0,1832
9	Prof. Soedharto (Timur Masjid Kampus)	0,4591	0,1489
10	Prof. Soedharto (Jembatan Tol)	1,1237	0,2760
11	Baskoro	0,1608	0,0577
12	Geologi	0,5254	0,0956
13	Bundaran BRI	0,5150	0,1333
14	FPP	0,3057	0,1160
15	Student Centre	0,1200	0,0315
16	Jurang Belimbing	0,0963	0,0599
17	RSND	0,0610	0,0346
18	Bukit Diponegoro	0,0518	0,0255
19	FEB	0,0955	0,0638
20	Ngesrep Timur V	0,5319	0,6736
21	Setiabudi (Selatan Patung Diponegoro)	1,2367	2,0985
22	Setiabudi (Utara Patung Diponegoro)	1,5850	0,9492
23	Tol Gerbang Sukun	0,4317	0,5967
24	Tol Gerbang Tembalang	1,1199	1,8451
25	Bukit Sari Raya	0,2876	0,4264
Total			9,1104

Ruas jalan yang menampung beban CO₂ paling besar adalah pada Jalan Setiabudi bagian utara Patung Diponegoro dengan kadar 1,5850 ton/jam.km dan total beban 2,0985 ton/jam, sedangkan jalan yang menampung kadar CO₂ paling kecil adalah pada Jalan Bukit Diponegoro dengan kadar 0,0518 ton/jam.km dan total beban 0,0255 ton/jam. Total besar emisi CO₂ yang dibuang kendaraan bermotor pada ruas jalan di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto adalah 9,1104 ton/jam.

Berdasarkan rentang kelas proses klasifikasi, ruas jalan dapat dikelaskan sebagai penghasil kadar CO₂ seperti pada Error! Reference source not found..



Gambar 9 Jalan penghasil kadar CO₂

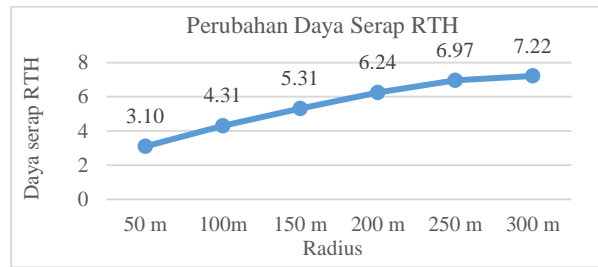
Jalan penghasil kadar CO₂ sangat rendah adalah Sipodang, Baskoro, Student Centre, Jurang Belimbing, RSND, Bukit Diponegoro, dan FEB. Jalan penghasil kadar CO₂ rendah ada pada FPP dan Bukit Sari Raya. Jalan penghasil kadar CO₂ sedang ada pada Jalan Gondang Raya, Banjarsari Selatan, Jatimulyo, dan Tol Gerbang Sukun. Jalan penghasil kadar CO₂ tinggi ada pada Jalan Banjarsari Raya, Sirojudin, Soedharto (Barat Masjid KU), Soedharto (Timur Masjid KU), Geologi, Bundaran BRI, dan Ngesrep Timur V. Jalan penghasil kadar CO₂ sangat tinggi ada pada Jalan Soedharto (GSG), Soedharto (Jembatan Tol), Setiabudi (Selatan Patung Diponegoro), Setiabudi (Utara Patung Diponegoro), dan Tol Gerbang Tembalang.

IV.3 Hasil dan Analisis Ketersediaan RTH sebagai Penyerap Emisi CO₂ Kendaraan

Analisis ketersediaan RTH sebagai penyerap emisi CO₂ kendaraan dilakukan pada area tercapuk dispersi gas buang kendaraan di jalan. Beban emisi CO₂ yang dihasilkan kendaraan maksimum pada jalan keluar masuknya transportasi di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto. RTH yang tercapuk area radius dispersi gas CO₂ dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10 Area radius dispersi gas CO₂ pada jalan



Gambar 11 Grafik perubahan daya serap RTH

Hasil grafik pada **Gambar 11** menunjukkan bahwa daya serap RTH pada setiap radius di jalan selalu mengalami kenaikan meski terdapat beberapa jalan yang mengalami penurunan pada radius yang semakin luas. Hal ini berarti secara garis besar RTH dengan area radius yang lebih besar akan lebih banyak menyerap beban emisi CO₂ di jalan.

Analisis ketersediaan RTH dihitung dengan selisih daya serap masing-masing area radius dispersi gas dengan beban emisi CO₂ di setiap jalan seperti yang ditampilkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11 Selisih daya serap RTH dan beban CO₂

Kode jalan	Daya serap RTH (ton/jam)					
	50 m	100 m	150 m	200 m	250 m	300 m
1	-0.082	-0.073	-0.044	-0.030	-0.033	-0.027
2	-0.320	-0.283	-0.225	-0.191	-0.199	-0.210
3	-0.001	0.012	0.019	0.039	0.050	0.054
4	-0.079	-0.066	-0.050	-0.044	-0.042	-0.044
5	-0.171	-0.173	-0.168	-0.159	-0.153	-0.149
6	-0.174	-0.167	-0.143	-0.105	-0.101	-0.085
7	-0.157	-0.137	-0.124	-0.130	-0.133	-0.134
8	-0.140	-0.132	-0.106	-0.068	-0.071	-0.057
9	0.011	0.166	0.187	0.107	0.055	0.069
10	-0.257	-0.249	-0.222	-0.211	-0.188	-0.182
11	0.009	0.071	0.096	0.150	0.154	0.158
12	0.044	0.061	0.142	0.168	0.193	0.236
13	0.108	0.128	0.133	0.148	0.144	0.129
14	0.026	0.073	0.089	0.145	0.227	0.221
15	0.399	0.357	0.305	0.329	0.299	0.288
16	0.052	0.147	0.265	0.403	0.835	0.749
17	0.161	0.233	0.259	0.500	0.511	0.669
18	0.147	0.212	0.352	0.426	0.468	0.459
19	0.301	0.524	0.630	0.585	0.580	0.593
20	-0.539	-0.457	-0.383	-0.318	-0.261	-0.247
21	-1.989	-1.922	-1.847	-1.775	-1.733	-1.693
22	-0.913	-0.900	-0.892	-0.882	-0.868	-0.864
23	-0.461	-0.428	-0.381	-0.355	-0.325	-0.303
24	-1.622	-1.544	-1.517	-1.504	-1.445	-1.424
25	-0.364	-0.257	-0.174	-0.097	-0.108	-0.096
Total	-6.011	-4.805	-3.798	-2.866	-2.145	-1.890

Evaluasi ketersediaan RTH adalah sebagai penentu arahan optimalisasi RTH. Evaluasi dianalisis berdasarkan selisih jumlah daya serap CO₂ oleh RTH dan beban emisi CO₂ oleh kendaraan di jalan yang diamati dapat ditampilkan dalam bentuk spasial berupa peta arahan evaluasi ketersediaan RTH pada



Gambar 12 Evaluasi ketersediaan RTH

Jalan dengan daya serap cukup adalah ruas jalan dengan beban emisi CO₂ yang mampu diserap oleh RTH yang sudah ada yang merupakan sumber polusi dengan sokongan. Ruas jalan tersebut adalah Jalan Prof. Soedharto bagian timur Masjid Kampus Undip dengan daya serap tersisa 0,011 di radius 50 m, Jalan Baskoro dengan daya serap tersisa 0,009 di radius 50 m, Jalan Geologi dengan daya serap tersisa 0,044 di radius 50 m, Jalan Bundaran BRI dengan daya serap tersisa 0,108 di radius 50 m, Jalan FPP dengan daya serap tersisa 0,026 di radius 50 m, Jalan Student Centre dengan daya serap tersisa 0,399 di radius 50 m, Jalan Jurang Belimbing dengan daya serap tersisa 0,052 di radius 50 m, Jalan RSND dengan daya serap tersisa 0,161 di radius 50 m, Jalan Bukit Diponegoro dengan daya serap tersisa 0,0147 di radius 50 m, dan Jalan FEB dengan daya serap tersisa 0,301 di radius 50 m.

Jalan dengan daya serap kurang adalah ruas jalan dengan beban emisi CO₂ yang masih mampu diserap jika dilakukan skenario RTH eksisting dioptimalkan lagi tipe tutupan vegetasinya menjadi jenis pohon. Pada RTH yang di-intersect dengan area dispersi CO₂ menunjukkan pada area radius berapa RTH kawasan cukup dalam melakukan optimalisasi. Ruas jalan yang perlu dievaluasi tersebut adalah Jalan Sipodang dengan daya serap tersisa 0,177 apabila tanah kosong pada radius 50 m dioptimalkan, Jalan Bukit Sari Raya dengan daya serap tersisa 0,128 apabila tanah kosong dan rumput pada radius 100 m dan semak belukar pada radius 50 m dioptimalkan, Jalan Ngesrep Timur V dengan daya serap tersisa 0,046 apabila tanah kosong dan rumput pada radius 150 m dan semak belukar pada radius 100 m dioptimalkan, Jalan Banjarsari Selatan dengan daya serap tersisa 0,001 apabila tanah kosong, rumput, dan semak belukar pada radius 150 m dioptimalkan, Jalan Soedharto bagian barat Masjid Kampus Undip dengan daya serap tersisa 0,128 apabila tanah kosong dan rumput pada radius 150 m dan semak belukar pada radius 50 m dioptimalkan, Jalan Gondang Raya dengan daya serap tersisa 0,005 apabila tanah kosong pada radius 200 m dan rumput serta semak belukar pada radius 150 m dioptimalkan,

dan Jalan Tol Gerbang Sukun dengan daya serap tersisa 0,020 apabila tanah kosong dan rumput pada radius 250 m dan semak belukar pada radius 200 m dioptimalkan.

Jalan dengan daya serap sangat kurang adalah ruas jalan dengan beban emisi CO₂ yang masih tersisa bahkan setelah dilakukan skenario optimalisasi tutupan vegetasi pada RTH eksisting. Pada RTH yang di-intersect menunjukkan sebaran RTH eksisting di area dispersi CO₂ yang masih sangat kurang. Ruas jalan dengan daya serap sangat kurang tersebut adalah Jalan Banjarsari Raya dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,059 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 0,903 Ha, Jalan Jatimulyo dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,047 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 0,729 Ha, Jalan Sirojudin dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,010 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 0,146 Ha, Jalan Soedharto bagian GSG dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,031 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 0,475 Ha, Jalan Soedharto di area jembatan tol dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,054 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 0,837 Ha, Jalan Setiabudi bagian selatan Patung Diponegoro dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,813 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 12,518 Ha, Setiabudi bagian utara Patung Diponegoro dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,699 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 10,762 Ha, dan Tol Gerbang Tembalang dengan emisi setelah perhitungan skenario tersisa 0,858 ton/jam maka dibutuhkan penambahan luas 13,210 Ha.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Dilihat dari tipe tutupan vegetasinya, total daya serap yang dihasilkan RTH kawasan pendidikan sebagai RTH terbesar di Kelurahan Tembalang dan kawasan permukiman sebagai RTH terbesar di Kelurahan Sumurboto didorong kontribusi besar oleh tutupan vegetasi pohon. Hal ini membuktikan bahwa RTH yang memiliki area paling besar dengan kualitas tipe vegetasi baik akan berkontribusi besar dalam meningkatkan daya serap CO₂ di area sekitarnya. Semakin banyak area tutupan vegetasi berupa pohon akan meningkatkan lebih banyak daya serap dibandingkan semak, rumput dan juga sawah.
2. Total beban emisi CO₂ yang dibuang kendaraan bermotor pada ruas jalan di Kelurahan Tembalang dan Sumurboto adalah 9,1104 ton/jam. Tipe kendaraan yang berkontribusi besar dalam meningkatkan kadar CO₂ pada Jalan Setiabudi bagian utara Patung Diponegoro sebagai ruas jalan yang menampung beban CO₂ paling besar adalah sepeda motor. Hal ini menunjukkan kendaraan sepeda motor yang memiliki faktor emisi polutan lebih rendah daripada mobil, truk dan bus, jika dalam jumlah

besar dapat berkontribusi besar pula dalam menghasilkan polusi CO₂.

3. RTH dengan daya serap cukup terdapat pada area Jalan Prof. Soedharto bagian timur Masjid Kampus Undip, Jalan Baskoro, Jalan Geologi, Jalan Bundaran BRI, Jalan FPP, Jalan Student Centre, Jalan Jurang Belimbing, Jalan RSND, Jalan Bukit Diponegoro, dan Jalan FEB. RTH dengan daya serap kurang dan perlu optimalisasi terdapat pada area Jalan Sipodang pada radius 50 m, Jalan Bukit Sari Raya pada radius 100 m, Jalan Ngesrep Timur V pada radius 150 m, Jalan Banjarsari Selatan pada radius 150 m, Jalan Soedharto bagian barat Masjid Kampus Undip pada radius 150 m, Jalan Gondang Raya pada radius 200 m, dan Jalan Tol Gerbang Sukun pada radius 250 m. RTH dengan daya serap sangat kurang dan perlu optimalisasi terdapat pada area Jalan Banjarsari disertai penambahan luas 0,903 Ha, Jalan Jatimulyo disertai penambahan luas 0,729 Ha, Jalan Sirojudin disertai penambahan luas 0,146 Ha, Jalan Soedharto bagian GSG disertai penambahan luas 0,475 Ha, Jalan Soedharto di area jembatan tol disertai penambahan luas 0,837 Ha, Jalan Setiabudi bagian selatan Patung Diponegoro disertai penambahan luas 12,518 Ha, Setiabudi bagian utara Patung Diponegoro disertai penambahan luas 10,762 Ha, dan Tol Gerbang Tembalang disertai penambahan luas 13,210 Ha.

V.2 Saran

Penelitian ini memiliki beberapa saran yang dapat digunakan untuk kepentingan evaluasi lingkungan maupun penelitian sejenis yang selanjutnya yaitu:

1. Evaluasi ketersediaan RTH dapat membantu analisa kondisi lingkungan dan dijadikan acuan untuk peningkatan kualitasnya yang lebih baik.
2. Data volume kendaraan jalan dapat berupa data *realtime* seperti dari Google Maps atau dapat berupa LHR tahunan dari instansi terkait sehingga dapat dianalisis beban CO₂ yang ditampung ruas jalan pada beberapa kemungkinan hari puncak, sehingga cakupan penelitian dapat lebih luas lagi jika diimbangi dengan data-data yang cukup.
3. Beban emisi CO₂ dapat dilihat dari sumber penghasil polusi selain dari kendaraan misalnya seperti yang bersumber dari populasi makhluk hidup, aktivitas rumah tangga dan aktivitas industri.

Daftar Pustaka

Adiastari, R. (2011). Kajian Mengenai Kemampuan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dalam Menyerap Emisi Karbon di Kota Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Amin, A. & Kurniawan, A. (2017). Optimasi Sebaran Titik GCP dan ICP pada Proses Ortorektifikasi Citra Resolusi Tinggi untuk Pembuatan Peta

Skala 1:5.000 (Studi Kasus: 1 Scene Citra Pleiades 033 Lumajang). Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

- Dahlan, E. N. (2014). Karakter Fisik Pohon dan Pengaruhnya terhadap Iklim Mikro. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Dewi, M. S. (2008). Studi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Untuk Menurunkan Tingkat Pencemaran Udara Oleh Emisi Kendaraan Bermotor di Kota Tangerang. Institut Teknologi Bandung. 126(1). 21. <https://doi.org/10.37700/0033-2909.126.1.78>
- Joga, N., & Ismaun, I. (2011). RTH 30%! Resolusi (Kota) Hijau. PT. Gramedia Pustaka Utama
- Kota Semarang. (2010). Peraturan Daerah Kota Semarang No. 7 Tahun 2010 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau (RTH)
- Departemen Pekerjaan Umum. (1997). Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Direktorat Jenderal Bina Marga
- Menteri Pekerjaan Umum. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan
- Samadikun, B. P., Sudibyakto, Setiawan, B., & Rijanta. (2014). Dampak Perkembangan Kawasan Pendidikan di Tembalang Semarang Jawa Tengah (The Impact Development of Education Area in Tembalang Semarang Jawa Tengah). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*. 21(3). 366–376. <https://doi.org/10.22146/jml.18565>
- Sutanhaji, A. T., dkk. (2015). Pemetaan Distribusi Emisi Gas Karbon Dioksida (CO₂) dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Kota Blitar. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*. 5(1). 34–42
- Samiaji, T. (2011). Gas CO₂ di Wilayah Indonesia. *Berita Dirgantara*. 12(2). 68–75.
- Sihotang, S. R. (2010). Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbondioksida (CO₂) dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. <https://doi.org/3100011041874>
- Tiarani, V. L. (2016). Kajian Beban Emisi Pencemar Udara (TSP, NO_x, SO₂, HC, CO) dan Gas Rumah Kaca (CO₂, CH₄, N₂O) Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta dengan Metode Tier 1 dan Tier 2. *Jurnal Teknik Lingkungan*
- Tri Prayoga, I. N. (2013). Keberlangsungan Menetap Penduduk Asli pada Kawasan di Sekitar Kampus UNDIP Tembalang sebagai Permukiman Kota Semarang yang Tergentrifikasi. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*. 9(1). 1. <https://doi.org/10.14710/pwk.v9i1.6499>