

## Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Konsentrasi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Dan Pemenuhan Oksigen (O<sub>2</sub>) di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya

Ida Munfarida<sup>1</sup>, Dyah Ratri Nurmaningsih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia  
munfarida@uinsby.ac.id

<sup>2</sup>UIN Sunan Ampel, Surabaya, Indonesia  
dyahratin@uinsby.ac.id

### Abstract

The State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya is one of the leading universities in Surabaya City that supports the eco city program organised by the Surabaya City Government by implementing eco campus programs. One of the eco campus criteria is green open space. Meanwhile, green open space is significant factor for sustainable environment in State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya. This study analysed existing green open space and calculated its projection to the year of 2028 in State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya based on concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>). The results showed that the Building Coverage Ratio (KDB) was 38.02%; and Green Coverage Area (KDH) was 1.69%. Based on CO<sub>2</sub> emission calculation, the State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya should provide green open space (RTH) is about 17,387,408, 01 m<sup>2</sup>. Meanwhile, based on projection of green open space (RTH) to the year of 2028, the State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya should provide green open space (RTH) is about 54,813,305.08 m<sup>2</sup>. Based on results, the State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya should provide green open space (RTH) according to the calculation, and implement green open space on the rooftop and vertical garden to reduce the CO<sub>2</sub> emission.

Keywords: Carbon dioxide, green open space, oxygen, The State Islamic University of Sunan Ampel Surabaya

### Abstrak

Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya sebagai salah satu universitas terkemuka di Kota Surabaya ikut mendukung program *eco city* yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kota Surabaya dengan menerapkan program *eco campus*. Salah satu indikator *eco campus* adalah ketersediaan ruang terbuka hijau, selain itu ruang terbuka hijau menjadi bagian terpenting dari keberlanjutan lingkungan di UIN Sunan Ampel Surabaya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi eksisting ruang terbuka hijau kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel dan proyeksi ruang terbuka hijau pada tahun 2028 di kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel berdasarkan serapan Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan Kebutuhan Oksigen (O<sub>2</sub>). Metode penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Hasil analisa penelitian menunjukkan bahwa Koefisien Dasar Bangunan (KDB) kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel eksisting adalah 38,02%; dan Koefisien Dasar Hijau (KDH) eksisting adalah 1,69%. Ruang terbuka hijau (RTH) yang dibutuhkan saat ini berdasarkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 17.387.408, 01 m<sup>2</sup>, sementara berdasarkan proyeksi Ruang Terbuka Hijau (RTH) hingga tahun 2028, luas ruang terbuka hijau (RTH) yang dibutuhkan sebesar 54,813,305.08 m<sup>2</sup>. Rekomendasi yang disarankan adalah dengan menyediakan ruang terbuka hijau sesuai hasil analisis penelitian, serta melaksanakan penghijauan di area gedung seperti *rooftop* dan *vertical garden* untuk mengurangi emisi karbon dioksida.

Kata Kunci: Oksigen, Karbon Dioksida, Ruang terbuka hijau, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

### 1. PENDAHULUAN

Kota Surabaya merupakan Kota dengan perkembangan infrastruktur yang pesat,

sehingga berpengaruh pada meningkatnya bidang perekonomian. Meningkatnya bidang perekonomian dilihat dengan semakin berkembangnya industri diberbagai bidang

yang mampu membawa masyarakat menuju kesejahteraan kehidupan yang lebih baik. Selain dampak positif tersebut, perkembangan infrastruktur juga memberikan dampak negatif, seperti timbulnya permasalahan lingkungan. Menurut Setyawan, (2015) bertambahnya pusat perbelanjaan dan bangunan sarana ekonomi, menyebabkan semakin berkurangnya tanaman atau pohon pada suatu daerah, sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5/PRT/M/2008, tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan, menjelaskan bahwa proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah perkotaan adalah sebesar minimal 30% yang terdiri dari 20% ruang terbuka hijau publik dan 10% terdiri dari ruang terbuka hijau privat. Penyelenggaraan penataan ruang sehingga tercukupinya ruang terbuka hijau pada suatu perkotaan akan mewujudkan ruang wilayah yang aman, nyaman, produktif dan berkelanjutan dengan terwujudnya keharmonisan lingkungan alam dan lingkungan buatan (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang). Untuk mewujudkan kawasan Kota yang ramah lingkungan dengan proporsi ruang terbuka hijau yang terpenuhi sehingga menciptakan kehidupan masyarakat yang layak, dapat dilakukan dengan salah satunya menyelenggarakan *eco city* atau kota hijau.

Perkembangan bidang perekonomian di Kota Surabaya juga harus diimbangi dengan kualitas lingkungan hidup yang baik, sehingga menciptakan suatu Kota modern yang ramah lingkungan. Dalam Profil Kota Surabaya tahun 2016, menjelaskan bahwa Kota Surabaya mendukung program *eco city*, dengan menerapkan system penataan ruang Kota yang berkelanjutan, yaitu dengan meluncurkan konsep Green Building pada Desember 2013. Hal ini akan menciptakan suatu kualitas hidup yang lebih baik dan seimbang antara masyarakat kota dengan lingkungannya.

Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Ampel Surabaya sebagai salah satu universitas terkemuka di Kota Surabaya ikut mendukung program *eco city* yang diselenggarakan oleh Pemerintah Kota Surabaya dengan menerapkan program *eco campus*. Kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Surabaya seiring berjalannya waktu terus berbenah untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Pengembangan dan pembangunan fisik gedung kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya sebagai sarana pendidikan adalah salah satu usaha untuk meningkatkan pendidikan. Pengembangan dan pembangunan yang tidak dilakukan dengan baik tanpa mempertimbangkan kebutuhan ruang terbuka hijau akan mengakibatkan suasana kampus tidak nyaman sebagai tempat dilakukannya aktivitas belajar mengajar. Menurut Lakswendra, (2013), menjelaskan bahwa menciptakan tempat yang nyaman, bersih, teduh, indah dan sehat di lingkungan kampus merupakan suatu keharusan karena kampus adalah tempat untuk menimba ilmu pengetahuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari ekosistem perkotaan, salah satu upaya untuk mewujudkannya dengan penyelenggaraan program *eco campus*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya menerapkan program *eco campus* dengan melaksanakan pengelolaan sampah dan penataan ruang terbuka hijau. Selain itu, salah satu indikator *eco campus* adalah ketersediaan ruang terbuka hijau. Dengan demikian, ruang terbuka hijau menjadi bagian terpenting dari keberlanjutan lingkungan di UIN Sunan Ampel Surabaya.

Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki peranan yang sangat penting dalam mengurangi dampak terjadinya pemanasan global karena kemampuannya dalam menyerap emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Setiawan dan Hermana, 2013). Dengan demikian, selain dapat mengurangi emisi karbon dioksida CO<sub>2</sub> di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya, secara tidak langsung, dapat berkontribusi terhadap upaya pengurangan dampak pemanasan global akibat emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Sumber emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) berasal dari pembakaran bahan bakar fosil sehingga sektor transportasi menjadi sumber utama penghasil emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Banyak penelitian membuktikan bahwa terdapat korelasi antara jumlah kendaraan dengan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) seperti di Cina (Rui-Qiang dkk, 2019), di Thailand (Jamnongchod dkk, 2017) dan di Perancis (Muller dkk, 2019).

Program *eco campus* di lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel

Surabaya terutama pada penataan ruang terbuka hijau belum optimal, dapat dilihat dari kondisi kampus yang tidak memadainya jumlah pohon atau luas ruang terbuka hijau. Di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya, lokasi taman terdapat di beberapa gedung, tidak menyeluruh di seluruh gedung, salah satunya terdapat di Fakultas Sains dan Teknologi. Selain itu kondisi lahan di kampus UIN Sunan Ampel Surabaya yang sebagian besar telah diperkeras/dipaving menjadi salah satu kendala dalam penyediaan ruang terbuka hijau. Kondisi lingkungan kampus UIN Sunan Ampel Surabaya dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 dibawah ini.



Gambar 1. Kondisi Lingkungan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya (Dokumentasi Pribadi, 2018)



Gambar 2. Kondisi Lingkungan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya (Dokumentasi Pribadi, 2018)

Dalam ruang terbuka hijau, tanaman menjadi komponen utama dalam penyerapan emisi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan sekaligus sebagai produsen oksigen ( $\text{O}_2$ ) melalui proses fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis adalah suatu proses biokimia anabolisme, pembentukan zat makanan atau energi melalui fiksasi karbondioksida, dan air serta dibutuhkan bantuan energi cahaya matahari.

Kloroplas adalah tempat berlangsungnya fotosintesis. Klorofil merupakan pigmen warna hijau yang menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia. Proses fotosintesis yang terjadi di kloroplas melalui dua tahap reaksi yaitu reaksi terang dan reaksi gelap. Hasil reaksi adalah ATP,  $\text{NADPH}_2$ , dan oksigen. Oksigen dikeluarkan melalui stomata di epidermis daun. Reaksi gelap berlangsung di stroma. Pada reaksi gelap diperlukan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam proses fotosintesis memicu terjadinya reaksi gelap (siklus calvin). Pada proses ini terjadi pengikatan karbon dioksida di dalam daun. Karbon dioksida ini akan bergabung dengan ion hidrogen yang dihasilkan dari reaksi terang, membentuk gula (glukosa) (Campbell dan Recce, 2002). Berdasarkan mekanisme fotosintesis tersebut, maka kebutuhan Ruang Terbuka Hijau dapat dihitung dari konsentrasi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya.

Penataan ruang terbuka hijau berkelanjutan di kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya seharusnya dilaksanakan dengan perencanaan yang terarah dan terstruktur dengan baik, sehingga hasilnya dapat optimal. Dengan terpenuhinya ruang terbuka hijau yang ideal, diharapkan akan memberikan manfaat bagi civitas akademika di kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, diantaranya suasana kampus akan terasa sejuk, menciptakan suasana dengan nilai estetika yang tinggi, mengurangi kebisingan dan mengurangi polusi udara. Dari uraian sebelumnya, maka perlu dilakukan penelitian analisa kecukupan ruang terbuka hijau berdasarkan penyerapan konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan pemenuhan oksigen ( $\text{O}_2$ ) di kampus UIN Sunan Ampel. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi eksisting ruang terbuka hijau kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel dan proyeksi ruang terbuka hijau pada tahun 2028 di kampus Universitas Islam Negeri Sunan Ampel berdasarkan serapan Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan Kebutuhan Oksigen ( $\text{O}_2$ ). Hasil penelitian ini, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi kebijakan dalam pembangunan lingkungan pendidikan yang berkelanjutan, agar tercipta suasana lingkungan pendidikan yang nyaman dengan penataan dan terpenuhinya ruang terbuka

hijau yang ideal sesuai perhitungan dalam penelitian ini.

## 2. METODE PENELITIAN

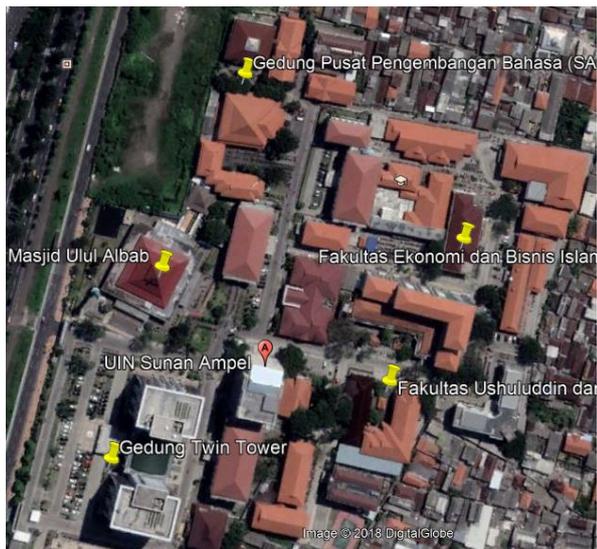
Metode penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, yaitu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan antara variabel yang satu dengan yang lain. Data sekunder maupun data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif.

Data primer didapat dengan cara melakukan pengukuran secara langsung di lapangan yaitu parameter karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) serta kecepatan angin. Pengukuran karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) menggunakan metode direct reading dengan alat karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) meter sementara oksigen (O<sub>2</sub>) dengan oksigen (O<sub>2</sub>) meter. Pengukuran kecepatan angin dengan menggunakan anemometer.

### Lokasi penelitian

Lokasi penelitian terletak di kampus UIN Sunan Ampel, dengan 5 titik sampling penelitian, yaitu:

1. Area masjid Ulul Albab
2. Area gedung Twin Tower
3. Area gedung Pusat Pengembangan Bahasa (SAC)
4. Area Fakultas Ushuluddin dan Falsafat
5. Area Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam



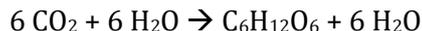
Gambar 3. Lokasi 5 Titik Sampling Penelitian (diolah dari Google Map, 2018)

### Waktu pengambilan data

Pengambilan sampling data karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan oksigen (O<sub>2</sub>) dilakukan selama 4 hari, yaitu 2 hari pada hari libur dan 2 hari pada hari kerja yang mewakili keadaan di lingkungan kampus UIN Sunan Ampel Surabaya.

### Cara pengolahan data

Reaksi fotosintesis yang terjadi secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:



Pola hubungan antara laju serapan karbondioksida di udara dan luas tajuk tanaman dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S = 0,2278e^{(0,0048 \cdot I)} \quad (1)$$

Dimana,

S : Laju serapan CO<sub>2</sub> per satuan luas

I : Intensitas Cahaya (kal/cm<sup>2</sup>/hari)

e : bilangan popok logaritma natural

Setelah didapatkan nilai total emisi dan laju serapan karbondioksida (CO<sub>2</sub>), selanjutnya bisa dilakukan perhitungan kebutuhan ruang terbuka hijau (RTH), yaitu sebagai berikut (Ahmad Erlan Afiuddin dan Ulvi Priastuti, 2016):

$$\text{Luas RTH} = \frac{\text{Emisi CO}_2}{\text{Daya Serap CO}_2} \quad (2)$$

Dimana:

RTH = RTH (m<sup>2</sup>)

Emisi CO<sub>2</sub> = Total emisi yang dihasilkan dari (grCO<sub>2</sub>/detik)

Daya serap CO<sub>2</sub> = kemampuan serap CO<sub>2</sub> (grCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/detik)

Kemudian serapan CO<sub>2</sub> dihitung berdasarkan nilai intensitas cahaya matahari yang disajikan pada Tabel 1 dan dihitung daya serap taman atau jalur hijau berdasarkan rumus 3.

$$\text{Daya serap taman/jalur hijau} = \text{Laju serapan CO}_2 \times \text{Luas taman/jalur hijau} \quad (3)$$

Proyeksi kebutuhan RTH di Kampus UIN Sunan Ampel hingga tahun 2028 berkorelasi dengan peningkatan jumlah staf dan mahasiswa, yang berkorelasi dengan jumlah

kendaraan bermotor sehingga jumlah Sumber Daya Manusia dan jumlah kendaraan bermotor ini akan berkorelasi positif dengan emisi karbondioksida.

Tabel 1. Intensitas Cahaya Matahari

Bulan	Intensitas Cahaya (kal/cm <sup>2</sup> /hari)
Januari	844
Februari	963
Maret	878
April	876
Mei	803
Juni	803
Juli	792
Agustus	820
September	891
Oktober	866
November	873
Desember	829

Sumber: Pentur dalam Andaru, 2017 (Andaru, 2017)

Jumlah Sumber Daya Manusia proyeksinya dapat diperhitungkan dengan tiga metode umum analisis pertumbuhan penduduk. Metode metode yang dapat digunakan untuk memproyeksi pertumbuhan penduduk yaitu:

1. Metode Aritmatika

$$P_n = P_0 + (T_n - T_0) \cdot K_a$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \tag{4}$$

Keterangan

- P<sub>n</sub> = Jumlah SDM pada tahun ke-n
- P<sub>0</sub> = Jumlah SDM pada tahun dasar
- T<sub>n</sub> = Tahun ke n;
- T<sub>0</sub> = Tahun dasar
- K<sub>a</sub> = konstanta aritmatika
- P<sub>1</sub> = jumlah yang diketahui pada tahun
- P<sub>2</sub> = Jumlah SDM pada tahun dasar
- T<sub>1</sub> = tahun ke I diketahui
- T<sub>2</sub> = tahun ke II yang diketahui

2. Metode geometrik

$$P_n = P_0 (1 + r)^t$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \tag{5}$$

Keterangan

- P<sub>n</sub> = Jumlah SDM pada tahun ke-n
- P<sub>0</sub> = Jumlah SDM pada tahun dasar
- r = laju pertumbuhan penduduk;
- t = tahun

3. Metode least square

$$Y = a + bX \tag{5}$$

Keterangan

Y = nilai variabel berdasarkan garis regresi

X = variabel independen

a = konstanta

b = koefisien arah regresi linier

adapun persamaan a dan b adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{(\sum Y * \sum X^2) - (\sum X * \sum XY)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{(n * \sum XY) - (\sum X * \sum Y)}{(n * \sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Bila koefisien b telah dihitung terlebih dahulu, maka konstanta a dapat ditentukan dengan persamaan, lain, yaitu:

$$a = Y^1 - b.X^1 \tag{6}$$

Dimana Y<sup>1</sup> dan X<sup>1</sup> masing masing adalah rata-rata untuk Variabel Y dan X.

Berdasarkan hasil analisis regresi secara linier dari ketiga metode di atas, pendekatan proyeksi pertumbuhan SDM secara geomterik lebih mendekati kenyataan di lapangan dengan nilai koefisien korelasi pertumbuhan penduduk R<sup>2</sup> sebesar 0,96. Hal ini menjadikan dasar penduduk akan dihitung hingga tahun 2028 berdasarkan proyeksi geometrik, kemudian hasilnya akan menjadi dasar perhitungan kebutuhan RTH hingga tahun 2028.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Kondisi Eksisting Ruang Terbuka Hijau Kampus UIN Sunan Ampel

Kampus UIN Sunan Ampel yang berlokasi di Jalan Ahmad Yani No. 117, Surabaya, dengan luas lahan ± 90.817,00 m<sup>2</sup> ini telah beroperasi sejak tahun 1997 (Pemerintah Kota Surabaya, 2015). Berdasarkan peta site plan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya menunjukkan bahwa jumlah luasan lahan terbangun gedung sebesar 3,15 Ha; fasilitas jalan seluas 2 Ha; area Ruang Terbuka Hijau (RTH) seluas 0,17 Ha; area parkir seluas 3,4 Ha; dan Ruang Terbuka Non Hijau seluas 0,27 Ha (Surabaya, 2014). Berdasarkan Surat Kesesuaian Rencana Kota (SKRK), maksimum koefisien dasar bangunan (KDB) 50% dari luas lahan terpotong garis sempadan, serta minimum koefisien dasar hijau (KDH) sebesar 10%. Berdasarkan perhitungan, KDB eksisting

adalah 38,02%; dan KDH eksisting adalah 1,69%.

Tabel 2. Penggunaan Lahan UIN Sunan Ampel Surabaya

Penggunaan Lahan <sup>1</sup>	m <sup>2</sup>	%	BCR			
			%	Ter-tutup	Ter-buka	%
Tutupan Lahan						
Bangunan						
Gedung Perkuliahan dan Perkantoran	31.549	34,74	100	31.549	-	-
Jalan dan Drainase	20.585	22,67	100	20.585	-	-
Mesjid	2.977	3,28	100	2.977	-	-
Sub Total A	55.111	60,68	100	55.111	-	-
Lahan Terbuka						
Areal Parkir	34.014	37,45	-	-	34,01	100
Ruang Terbuka Hijau (RTH)	1.692	1,86	-	-	1,69	100
Sub Total B	35.706	39,32	-	-	35,70	100
Total	90.817	100,00	126	55.111	35,70	39

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2018)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/Prt/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan disebutkan bahwa Ruang terbuka hijau merupakan area memanjang/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, 2008). Keberadaan ruang terbuka hijau bertujuan untuk menjaga kondisi lingkungan dari kerusakan dan sarana penyimpanan air tanah. Dalam Agama Islam juga dijelaskan mengenai pentingnya menjaga kelestarian lingkungan seperti termaktub dalam QS. Al Hajj:45 Berikut ini: " *faka-ayyin min qaryatin ahlaknâhâ wahiya zhâlimatun fahiya khâwiyatun 'alâ 'urûsyihâ wabi/rin mu'a'atalatin waqashrin masyîdin*" yang artinya: "Berapa banyak kota yang telah Kami binasakan, sedangkan penduduknya berbuat zalim, maka (tembok-tembok) kota itu roboh menutupi atap-atapnya, dan (berapa banyak pula) sumur yang telah ditinggalkan dan istana yang megah tinggi".

Dari ayat tersebut dapat ditafsirkan bahwa semua manusia wajib menjaga kelestarian lingkungan. Jika kelestarian lingkungan tidak dijaga maka akan terjadi berbagai permasalahan pada lingkungan hidup.

Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) minimal 10% merupakan syarat utama dalam pembangunan berkelanjutan di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya. Seperti yang telah dipraktekkan *Eco-Campus* Universitas Malaysia Sabah (UMS), dalam mempertahankan *Eco-Campus*, UMS melakukan penghijauan di Kampus dengan tumbuh-tumbuhan endemik (Rosazman, H & Velan, K, 2015).

Kurangnya ketersediaan RTH dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi karbondioksida CO<sub>2</sub> (Ikhlas. N, dkk, 2017). Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan pencemar udara yang paling besar dan umum dijumpai, selain CO (Soedomo, 2001).

### Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Kampus UIN Sunan Ampel

Berdasarkan perhitungan terhadap penggunaan lahan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya, kebutuhan ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di UIN Sunan Ampel minimal 8,31% untuk mencapai persyaratan minimum 10% agar tercipta kelestarian lingkungan hidup. Namun demikian, kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) dapat dihitung berdasarkan serapan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Korelasi ini berdasarkan prinsip fotosintesis tumbuhan yang menyerap karbondioksida di udara.

Dari mekanisme proses fotosintesis, maka kebutuhan Ruang Terbuka Hijau dapat dihitung dari konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di udara Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya. Tabel 3 adalah hasil pengukuran konsentrasi CO<sub>2</sub> di 5 lokasi Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Waktu	Konsentrasi CO <sub>2</sub> dalam ppm	
	Lokasi 1	Lokasi 2
Pagi	428	403.5
Siang	383.75	386.5
Sore	382	392.75
Rata-Rata	397.91	394.25

Waktu	Konsentrasi CO <sub>2</sub> dalam ppm		
	Lokasi 3	Lokasi 4	Lokasi 5
Pagi	389.25	395.5	395
Siang	386.75	391	392.75
Sore	397.25	383.25	389.75
Rata-Rata	391.08	389.91	392.5

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2018)

Keterangan lokasi sampling:

1. Di sekitar masjid Ulul Albab kampus UIN Sunan Ampel.
2. Di sekitar gedung Twin Tower kampus UIN Sunan Ampel.
3. Di sekitar gedung Pusat Pengembangan Bahasa (SAC) kampus UIN Sunan Ampel.
4. Di Fakultas Ushuluddin dan Falsafat kampus UIN Sunan Ampel
5. Di Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam kampus UIN Sunan Ampel.

Selain CO<sub>2</sub> yang diukur di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya, juga diukur konsentrasi O<sub>2</sub>, berikut adalah konsentrasi O<sub>2</sub>:

Tabel 4. Hasil Pengukuran Konsentrasi O<sub>2</sub>

Waktu	Konsentrasi O <sub>2</sub> dalam %	
	Lokasi 1	Lokasi 2
Pagi	15.725	19.675
Siang	19.725	19.575
Sore	19.6	19.6
Rata-Rata	18.35	19.61

Waktu	Konsentrasi O <sub>2</sub> dalam %		
	Lokasi 3	Lokasi 4	Lokasi 5
Pagi	19.325	19.575	19.375
Siang	19.725	19.575	19.45
Sore	19.4	19.6	19.6
Rata-Rata	19.48	19.58	19.47

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2018)

Berdasarkan hasil pengukuran, didapat konsentrasi CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada pagi hari. Konsentrasi tertinggi pada pagi hari terjadi di sekitar masjid Ulul Albab kampus UIN Sunan Ampel, kemudian tertinggi kedua terjadi di sekitar gedung Twin Tower kampus UIN Sunan Ampel. Jika ditotal konsentrasi karbondioksida di kampus UIN Sunan Ampel, maka didapat konsentrasi karbondioksida sebesar 1965.66 ppm. Sementara konsentrasi oksigen (O<sub>2</sub>) hampir sama pada waktu pagi, siang maupun sore.

Berdasarkan hasil pengukuran, CO<sub>2</sub> total yang dihasilkan = 58.956.666.67 µg/m<sup>2</sup>/menit

Serapan CO<sub>2</sub> = 20,04 µg/cm<sup>2</sup>/menit

Daya Serap taman/jalur hijau = Laju serapan CO<sub>2</sub> x Luas taman/jalur hijau  
 = 20,04 µg/cm<sup>2</sup>/menit x 1.692 m<sup>2</sup>  
 = 3,39 µg/m<sup>2</sup>/menit

Jumlah RTH yang dibutuhkan saat ini adalah =  
 Emisi CO<sub>2</sub> : Daya Serap  
 = 58.956.666.67 µg/m<sup>2</sup>/menit : 3,39  
 µg/m<sup>2</sup>/menit

= 17.387.408, 01 m<sup>2</sup>

### Pemetaan Ruang Terbuka Hijau Kampus UIN Sunan Ampel

Kondisi Ruang Terbuka Hijau di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya berdasarkan tinjauan langsung di lapangan, secara eksisting ada beberapa jenis RTH, diantaranya:

#### RTH Pekarangan

Pekarangan adalah lahan di luar bangunan, yang berfungsi untuk berbagai aktivitas. Luas pekarangan disesuaikan dengan ketentuan koefisien dasar bangunan (KDB) di kawasan kampus, seperti tertuang di dalam SKRR. Terkait di atas yang termasuk ke dalam jenis RTH ini adalah halaman gedung.



Gambar 4. Ruang Terbuka Hijau Pekarangan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya (Dokumentasi Pribadi, 2018)

#### RTH Jalur Hijau Jalan

Berdasarkan lingkungan di sekitar jalan yang direncanakan dan ketentuan ruang yang tersedia untuk penempatan tanaman lansekap jalan antara 20-30% dan rumija, sesuai dengan klas (fungsi) jalannya, dimana jalur hijau jalan yang berada di Kampus UIN Sunan Ampel umumnya masih belum tersedia, dan dan kondisi yang ada baru sebagian saja yang terdapat jenis RTH ini.



Gambar 5. Ruang Terbuka Hijau Jalur Jalan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya (Dokumentasi Pribadi, 2018)

**RTH Jalur Pejalan Kaki**

Jalur pejalan kaki adalah jalur yang disediakan pada jalur hijau di kanan-kiri jalan atau di dalam taman, dimana dari kondisi eksisting baru sebagian kecil yang ada jenis RTH ini.



Gambar 6 Ruang Terbuka Hijau Jalur Pejalan Kaki Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya (Dokumentasi Pribadi, 2018)

**RTH Lapangan Olahraga dan Lapangan Upacara**

Lapangan olahraga dan lapangan upacara di Kampus UIN Sunan Ampel sudah tersebar di beberapa tempat, terutama di halaman gedung Twin Tower.

**Proyeksi Ruang Terbuka Hijau Tahun 2028 Kampus UIN Sunan Ampel**

Proyeksi kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kampus UIN Sunan Ampel hingga tahun 2028 berkorelasi dengan peningkatan jumlah staf dan mahasiswa kampus UIN Sunan Ampel Surabaya, selain itu peningkatan jumlah Sumber Daya Manusia ini akan berkorelasi positif dengan jumlah kendaraan bermotor dan emisi karbondioksida.



Gambar 7 Ruang Terbuka Hijau Lapangan Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya (Dokumentasi Pribadi, 2018)

Berdasarkan data dosen, staf dan mahasiswa tahun 2017 di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya, jumlah total sumber daya manusia sebesar 16.330 orang.

Tabel 7 Jumlah Sumber Daya Manusia di Kampus UIN Sunan Ampel Surabaya

No	Jenis Penggunaan	Jumlah
1	Dosen	601 orang
2	Karyawan	315 orang
3	Mahasiswa (tidak menetap)	15.414 orang
Total		16.33 orang

(Sumber: (Surabaya, Jumlah Pegawai, 2017)

Berdasarkan hasil analisis regresi secara linier dari ketiga metode di atas, pendekatan proyeksi pertumbuhan SDM secara geomterik lebih mendekati kenyataan di lapangan dengan nilai koefisien korelasi pertumbuhan penduduk R2 sebesar 0,96. Hal ini menjadikan dasar penduduk akan dihitung hingga tahun 2028 berdasarkan proyeksi geometrik, kemudian hasilnya akan menjadi dasar perhitungan kebutuhan RTH hingga tahun 2028.

Untuk mencari pertumbuhan penduduk hingga tahun ke-n, perlu diketahui nilai r. Nilai r dapat diperoleh dengan cara:

$$r = \left( \frac{P_0}{P_t} \right)^{\frac{1}{5}} - 1$$

$$r = \left( \frac{38.183 \text{ jiwa}}{36.203 \text{ jiwa}} \right)^{\frac{1}{5}} - 1$$

$$r = 0,011$$

r di sini merupakan besaran pertumbuhan penduduk masing-masing tahun secara rata dalam persen. Asumsi pertumbuhan bersifat tetap sehingga r sebesar 0,011 atau 1,1 persen per tahun.

Berdasarkan berbagai hasil penelitian, konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) berkorelasi positif dengan jumlah manusia. Sumber pencemaran udara dapat berupa Biogenik dan Antropogenik. Sumber biogenik merupakan sumber pencemar yang teremisi ke lingkungan secara alamiah: Letusan Gunung Berapi, Pembusukan materi padat, Penggerusan/erosi dari hulu sungai, dan lain-lain. Sementara antropogenik adalah sumber pencemar yang berasal dari aktivitas/kegiatan buatan manusia yang dapat berupa materi yang mampu diasimilasi oleh alam dan materi xenobiotik (asing bagi lingkungan), proses Industri, Pembakaran Bahan Bakar, Aktivitas Domestik, Eksploitasi dan Eksplorasi Sumber Daya Alam: ekstraksi mineral, minyak dan gas, dan lain-lain (Soedomo, 2001). Dengan demikian, maka dapat dihasilkan jumlah emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) hingga tahun 2028 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ total yang dihasilkan} &= 185,817,104.21 \\ &\quad \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{menit} \\ \text{Serapan CO}_2 &= 20,04 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{menit} \\ \text{Daya Serap taman/jalur hijau} &= \\ \text{Laju serapan CO}_2 \times \text{Luas taman/jalur hijau} &= \\ &= 20,04 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{menit} \times 1.692 \text{ m}^2 \\ &= 3,39 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah RTH yang dibutuhkan hingga tahun} & \\ \text{2028 adalah} &= \\ &= \text{Emisi CO}_2 : \text{Daya Serap} \\ &= 185,817,104.21 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{menit} : 3,39 \\ &\quad \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{menit} \\ &= 54,813,305.08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan proyeksi konsentrasi karbondioksida hingga tahun 2028 didapat proyeksi luas ruang terbuka hijau (RTH) yang dibutuhkan di Kampus UIN Sunan Ampel hingga tahun 2028 adalah sebesar 54,813,305.08 m<sup>2</sup>.

Beberapa penelitian melakukan proyeksi penyerapan CO<sub>2</sub> selama 4-5 tahun untuk mengetahui apakah daya serap RTH masih optimal atau tidak. Salah satunya penelitian Pasaribu dan Tangahu (2015) melakukan perhitungan daya serap CO<sub>2</sub> dengan RTH eksisting dibandingkan dengan CO<sub>2</sub> ambien hasil proyeksi tahun 2017 – 2021. Melalui perhitungan diketahui bahwa tanaman pada RTH mempunyai nilai penyerapan yang lebih besar dibanding emisi CO<sub>2</sub> yang masuk ke udara ambien.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil Perhitungan penggunaan lahan menghasilkan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) Kampus UIN Sunan Ampel eksisting adalah 38,02%; dan Koefisien Dasar Hijau (KDH) eksisting adalah 1,69%. Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dibutuhkan saat ini berdasarkan kondisi eksisting sebesar 17.387.408, 01 m<sup>2</sup>, sementara berdasarkan proyeksi Ruang Terbuka Hijau (RTH) hingga tahun 2028, luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dibutuhkan sebesar 54,813,305.08 m<sup>2</sup>. Rekomendasi yang disarankan adalah dengan menyediakan ruang terbuka hijau sesuai hasil analisis penelitian, serta melaksanakan penghijauan di area gedung seperti rooftop dan vertical garden untuk mengurangi emisi karbon dioksida.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Afiuddin, A.E. dan Priastuti, U. (2016). Perhitungan Emisi Karbon dan Kecukupan Ruang Terbuka Hijau di Lingkungan Kampus (Studi Kasus: Kampus Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya). *Seminar Nasional Maritim, Sains, dan Teknologi Terapan*, Vol. 01 , 1-5.
- Amiany. 2016. Penataan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. *Jurnal Perspektif Arsitektur*, Vol. 11. Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- Campbell, N.A., dan Recce, J.B. (2002). *Biology: Plant Production and Biotechnology*. San Francisco: Cumming Publishing Company, Inc.
- Banurea, I. Rahmawaty. Afiffudin, Y. 2013. *Analisis Kemampuan Ruang Terbuka Hijau dalam Mereduksi Konsentrasi CO2 dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus USU Medan (Green Open Space Capability Analysis on Reducing Concentration of CO2 from Motor Vehicles at Campus USU Medan)*. Universitas Sumatra Utara. Medan
- Ikhlas, N, Abdullah. T., Boedisantoso. R. (2017). Calculation Method of Green Open Space Based on Carbon Emission from Transportation Sector in Surabaya. *The Journal for Technology and Science*, Vol. 28, No. 2 , 37.
- Jamnongchob, A., Duangphakdee, O. & Hanpattanakit, P. (2017). CO<sub>2</sub> emission of tourist transportation in Suan

- Phueng Mountain, Thailand. *Energy Procedia*, Vol. 136, 438-443.
- Lakswendra, A. 2013. *Eco Campus (Studi Deskriptif Tentang Perilaku Mahasiswa Its terhadap Program Eco Campus)*. Program Studi S1 Sosiologi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Airlangga Surabaya.
- Pasaribu, M.J & Tangahu, B.V. (2015). Kajian Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Menyerap CO<sub>2</sub> Udara Ambien dari Transportasi Darat di Jalan Perak Barat dan Jalan Perak Timur, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 5, No. 2, 138-143.
- Pemerintah Kota Surabaya, D. C. (2015). *Surat Keterangan Rencana Kota Nomor 420/541/436.6.2/2015*. Surabaya: Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.5/PRT/M/2008. *Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum.
- Profil Kota Surabaya Tahun 2016. *Dinas Komunikasi dan Informatika Kota Surabaya*. Pemerintah Kota Surabaya.
- Rosazman, H & Velan, K. (2015). Exploring Strategies For Sustainable 'Ecocampus' The Experience Of University Malaysia Sabah. *Malaysian Journal of Society and Space*, Vol. 11, No.3 Mei, 84-96.
- Rui-Qiang, Y.U.A.N., Xin, T.A.O., Xiang-Long, Y.A.N.G. (2019). CO<sub>2</sub> emission of urban passenger transportation in China from 2000 to 2014. *Advances in Climate Change Research*, 5 April, 4-21.
- Setiawan, A dan Hermana, J. (2013). Analisa Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Penyerapan Emisi CO<sub>2</sub> dan Pemenuhan Kebutuhan Oksigen di Kota Probolinggo. *Jurnal Teknik POMITS*, Vol. 2, No. 2, 171-174.
- Soedomo, M. (2001). *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB.
- Surabaya, U. S. (2014). *Master Plan UIN Sunan Ampel*. Surabaya: UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Touratier-Muller, N., Machat, K. & Jaussaud, J. (2019). Impact of French governmental policies to reduce freight transportation CO<sub>2</sub> emissions on small- and medium-sized companies. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 215, 721-729.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Jakarta.