

## PENGARUH RUANG TERBUKA HIJAU DALAM PENGENDALIAN KONSENTRASI PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>, DAN O<sub>3</sub> DI UNIVERSITAS TELKOM

### IMPACT OF OPEN GREEN SPACE ON CONTROLLING PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>, AND O<sub>3</sub> CONCENTRATIONS IN TELKOM UNIVERSITY

Syarifah Rahmadani<sup>1</sup>, Indra Chandra<sup>2</sup>, Rahmat Awaludin Salam<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[syarifahrahmadani@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:syarifahrahmadani@student.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[indrachandra@telkomuniversity.ac.id](mailto:indrachandra@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id](mailto:awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan aspek yang penting dalam pengendalian polusi udara karena kemampuannya untuk mereduksi polutan sampai 69%. Salah satu kota besar di Indonesia, sebagai contoh Kota Bandung, hanya memiliki kurang dari 1/5 luasan RTH. Hal ini masih di bawah batas minimal total luas RTH yang dipersyaratkan oleh regulasi. Untuk kawasan pendidikan seperti Universitas Telkom, Bandung, yang berada di antara pemukiman padat penduduk dan daerah industri, keberadaan RTH menjadi sangat penting sebagai pereduksi polutan dan menjaga keseimbangan ekosistem. Jalur pengukuran dimulai dari bagian Selatan kampus dan berjalan ke arah Utara lalu ke arah Timur dan bergerak ke arah Selatan untuk kembali ke titik awal. Pengambilan data dilakukan secara bergerak selama 10 menit pada masing-masing titik, serta alat dibawa pada ketinggian 1,5 meter dari permukaan tanah. Sebagai perbandingan hasil pengukuran, digunakan data pengukuran dari stasiun tetap di GKU. Data konsentrasi massa PM<sub>2.5</sub> divalidasi dengan pengalihan faktor alfa sebesar 0,7 apabila nilai RH > 80%, dan konsentrasi CO<sub>2</sub> menggunakan *boxplot* dimana ditentukan kuartil 1-3 (Q1, Q2, dan Q3) untuk menghilangkan data anomali. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa PM<sub>2.5</sub> pada kawasan Universitas Telkom memiliki tren perubahan data yang kurang signifikan sebesar  $\pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hal ini disebabkan rendahnya aktivitas di dalam kampus. Untuk konsentrasi gas CO<sub>2</sub> di Universitas Telkom lebih dipengaruhi oleh lingkungan sekitar, dengan level berada pada ambang batas normal sebesar  $\pm 430$  ppm. Konsentrasi gas O<sub>3</sub> sebesar  $\pm 130$  ppb di Universitas Telkom dipengaruhi oleh emisi lokal, intensitas sinar matahari, dan kerapatan vegetasi di kawasan RTH. Hal ini sedikit lebih tinggi dibandingkan daerah urban seperti kawasan Bandung Raya sebesar  $\pm 120$  ppb. Perhitungan menggunakan Uji ANOVA untuk melihat perubahan tren data konsentrasi terhadap perubahan luas RTH di titik pengambilan data dan menghasilkan nilai F masing-masing untuk PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>3</sub> adalah 12%, 32%, dan 51%. Perubahan luas RTH memiliki hubungan yang kuat terhadap naik atau turunnya konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>3</sub>. Namun kondisi pandemi Covid-19 menyebabkan tidak banyaknya konsentrasi partikulat yang terdeteksi sebagai pengaruh dari fungsi RTH.

**Kata kunci :** CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>, Ruang Terbuka Hijau.

#### Abstract

*Green open space is an important aspect in controlling air pollution because of its ability to reduce pollutants by up to 69%. One of the big cities in Indonesia, i.e., Bandung City, only has less than 1/5 of the green open space area. This is still below the minimum limit for the total area of green open space required by the regulation. For educational areas such as Telkom University, Bandung, which are located between densely populated and industrial areas, the existence of green open space is very important as a pollutant reduction agent and maintaining ecosystem balance. The measuring procedure starts from the south of the campus and runs north then east and then moves south to return to the starting point. Data were collected by moving for 10 minutes at each point, and the tools were carried at an altitude of 1.5 meters above the ground. As a comparison of data results, the measurement data from the fixed stations at GKU were used. The PM<sub>2.5</sub> mass concentration data was validated by multiplying the alpha factor of 0.7 if the RH value was >80%, and the CO<sub>2</sub> concentration using a boxplot where quartiles 1-3 (Q1, Q2, and Q3) were determined to eliminate anomalous data. Results have indicated that PM<sub>2.5</sub> in the Telkom University area has a less significant trend of data change ( $\pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). This is due to the lack of activity on campus. The concentration of CO<sub>2</sub> gas at Telkom University is more influenced by the near environment, with a level that is still at the normal threshold of  $\pm 430$  ppm. O<sub>3</sub> gas concentration of  $\pm 130$  ppb at Telkom University is influenced by local emissions, sunlight intensity, and vegetation density in the green open space area. This relatively higher than the concentration of O<sub>3</sub> gas in urban areas such as Bandung City ( $\pm 120$  ppb). Calculations using the ANOVA test to see changes in the trend of concentration data to changes in the area of green open space at the data collection point and produce the F values for PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> respectively are 12%, 32%, and 51%. Changes in the area of green open space had a strong relationship with the increase/decrease in the concentration of CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>. Meanwhile, the outbreak condition has made PM<sub>2.5</sub> mass concentrations relatively weak connection to the function of open green space.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, Open Green Space, O<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>.

## 1. Pendahuluan

Pada tahun 2020, jumlah penduduk Jawa Barat sebanyak 49 juta jiwa, dimana 18% warganya tinggal di Bandung Raya (Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kota Bandung, dan Kota Cimahi) [1]. Pertambahan jumlah penduduk berpengaruh terhadap bertambahnya aktivitas warga yang menggunakan kendaraan bermotor. Hal ini juga berpengaruh terhadap pengurangan lahan hijau yang beralih fungsi menjadi pemukiman warga. Lahan hijau sendiri merupakan pertemuan antara sistem alam dan manusia yang berfungsi sebagai pereduksi polusi di udara. Beberapa polutan yang memiliki dampak paling signifikan diantaranya adalah partikulat ( $PM_{2.5}$ ) dan Karbon Dioksida ( $CO_2$ ).  $PM_{2.5}$  merupakan partikel yang memiliki diameter kurang dari 2,5  $\mu m$ .  $PM_{2.5}$  dapat masuk ke dalam jaringan paru-paru dan menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan. Partikel yang terkandung dalam  $PM_{2.5}$  dapat berupa logam berat seperti Cr, Be, Cd, Cu, Fe, Pd, Ni, Se, Ti, Te, dan V yang nantinya dapat menimbulkan tumor atau kanker [3-5].  $CO_2$  sendiri memiliki peranan penting dalam pengaturan temperatur permukaan di bumi. Konsentrasi  $CO_2$  merupakan yang tertinggi kedua setelah uap air. Emisi gas  $CO_2$ , 26% diantaranya berasal dari sektor energi, 19% industri, 13% transportasi, 17% kehutanan, 14% pertanian, 8% bangunan pemukiman dan komersial, serta 3% dari sampah dan air buangan [6,7]. Selain  $PM_{2.5}$  dan  $CO_2$ , ozon ( $O_3$ ) juga memiliki pengaruh terhadap makhluk hidup.  $O_3$  permukaan sudah lama diketahui memiliki dampak negatif bagi manusia. Sulitnya pengendalian  $O_3$  karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya gas pencemar udara seperti  $NO_x$ , CO,  $CH_4$ , atau VOCs [8].

Polutan yang tersebar di daratan tersebut dapat direduksi dengan bantuan tumbuhan. Vegetasi sangat mempengaruhi kualitas udara yang tercemar oleh polutan. Sebaiknya vegetasi yang ditanam lebih rendah dan/atau dekat dengan permukaan yang berdekatan dengan sumber polusi [9]. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 mengenai Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau (RTH), RTH merupakan suatu kawasan memanjang atau berupa jalur, dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih terbuka, serta tempat tanaman dapat tumbuh dengan baik secara alamiah ataupun buatan. Selain itu RTH dapat meningkatkan kualitas atmosfer serta menunjang kualitas air dan tanah [10]. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (KE KLB) dan Puslitbang Perumahan dan Permukiman Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) telah mengadakan penelitian terhadap kemampuan vegetasi dalam mereduksi polutan di kawasan perkotaan. Hasilnya menunjukkan bahwa RTH pada sebuah perkotaan mampu mereduksi polutan sebesar 5%-69% pada wilayah tersebut [11].

Kawasan pendidikan Universitas Telkom berada di antara kawasan padat penduduk dan daerah industri. Hal ini membuat keberadaan RTH menjadi sangat penting sebagai pereduksi polutan. Pada tahun 2020 melalui sistem pemeringkatan yang dilakukan oleh Universitas Indonesia yaitu UI Greenmetric, Universitas Telkom menduduki urutan ke 9 sebagai kampus hijau terbaik di Indonesia dan urutan ke 135 di dunia. Salah satu indikator penilaian dari UI Greenmetric adalah rasio RTH terhadap total area [12]. Terlihat pada aplikasi *Google Earth*, RTH di kawasan Universitas Telkom yang belum merata mengakibatkan penumpukan RTH di satu sisi dan di sisi lainnya terlihat gersang. Kerapatan vegetasi pada RTH akan berpengaruh terhadap proses reduksi polutan oleh tumbuhan, sehingga perlu dilakukan pemerataan tumbuhan pada seluruh kawasan RTH di Universitas Telkom. Sebagai tempat pusat pengembangan penelitian dan pendidikan, perlu adanya penunjang kenyamanan selama proses pelaksanaan aktivitas akademik itu sendiri. Pada penelitian ini juga telah dilakukan penghitungan tingkat kerapatan vegetasi menggunakan transformasi NDVI berdasarkan pencitraan Landsat 8 melalui *Google Earth Engine*, tingkat kerapatan ini dikategorikan menjadi lima jenis kerapatan yaitu sangat jarang, jarang, sedang, rapat, dan sangat rapat.

## 2. Metodologi Penelitian

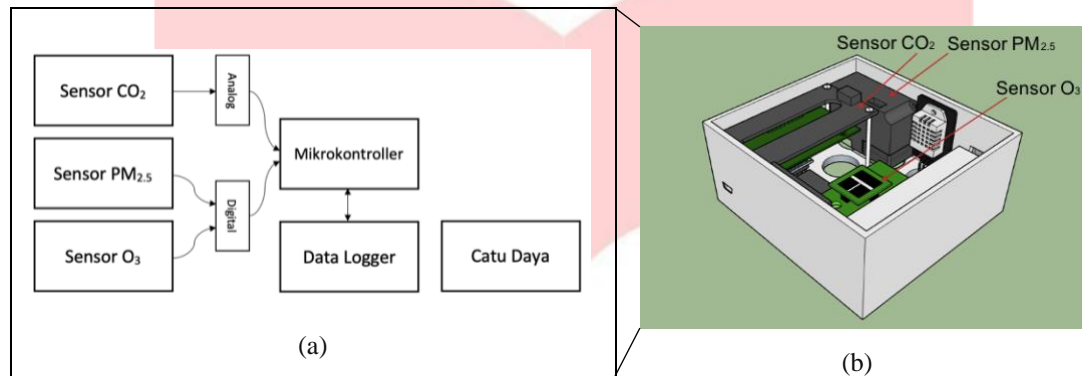
### 2.1 Alat Ukur Pemantau Kualitas Udara

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat pemantau kualitas udara yang telah dikembangkan oleh Furqan dkk. dan Arief dkk. [13, 15] dengan menggunakan sensor  $PM_{2.5}$ ,  $CO_2$ , serta variabel lain yang mempengaruhi, seperti kelembapan relatif (RH) dan temperatur udara (T). Kami menambahkan sensor  $O_3$  untuk melengkapi kedua sensor yang digunakan sebelumnya, serta terintegrasi dengan mikrokontroler dan *data logger*. Sensor  $CO_2$  menggunakan data analog, sedangkan sensor  $PM_{2.5}$  dan  $O_3$  menggunakan komunikasi digital. Pada **Gambar 1(a)** terlihat diagram blok sistem pemantau kualitas udara. Pada **Gambar 1(b)** ditunjukkan rancangan alat beserta komponen yang digunakan untuk mengukur konsentrasi polusi di udara.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Furqan Vaicdan (2019), proses kalibrasi sensor  $PM_{2.5}$  tersebut dilakukan di laboratorium menggunakan *particle generator*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa, sensor ditentukan oleh kelembapan dan unsur kimia lainnya. Kelembapan ini mengakibatkan partikel membesar dan pembacaan sensor pada partikel naik. Sehingga ketika dilakukan pengambilan data lapangan jika nilai RH >80% maka data yang diperoleh akan dikalikan menggunakan faktor alfa yang bernilai 0,7, dan menjadikan pengukuran akan berbeda dengan RH di bawah 80% [13]. Sensor ini dapat mengukur partikel tersuspensi di udara antara 0,3 - 2,5 mikrometer dengan rentang pengukuran 0 hingga 500  $\mu g/m^3$  [14]. Untuk sensor  $CO_2$  berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arief Abdurrachman (2019) hasil perbandingan dengan detektor Lutron GCH-2018H di Laboratorium Kualitas Udara, Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung didapatkan hasil  $R^2 =$

~0,5 [15]. Spesifikasi dari sensor ini adalah memiliki rentang pengukuran 0 - 5000 ppm dan akurasi pembacannya sebesar 50ppm + 3% *reading* [16].

Pada sensor O<sub>3</sub>, proses kalibrasi belum dapat dilakukan. Oleh karenanya, dalam penelitian ini agar pembacaan sensor lebih stabil, perlu dilakukan *setting zero* dengan perangkat lunak terbuka Tera Term. Sensor ini memiliki rentang pengukuran 0 - 20 ppm dan sensitifitas sebesar -60 ± 10 nA/ppm [16]. Berdasarkan modul sensor gas O<sub>3</sub>, diketahui sensor tersebut sangat sensitif terhadap debu sehingga menyebabkan kinerja sensor tidak berjalan normal. Penggunaan sensor tanpa menggunakan penutup berupa membran permeabel gas dapat menjadikan pembacaan sensor tidak akurat untuk gas yang reaktif seperti O<sub>3</sub>. Sensitifitas silang sensor ini juga dapat mendeteksi gas lain seperti Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Karbon Monoksida (CO) yang mana kedua gas ini adalah prekursor gas O<sub>3</sub> [17]. Selanjutnya sebelum melakukan pengambilan data di lapangan, telah dilakukan *pre-heating* alat di dalam ruang selama 30 - 60 menit. *Pre-heating* pada alat bertujuan untuk menurunkan tegangan awal yang diterima alat, yang mana nantinya akan berpengaruh terhadap proses pembacaan nilai pada sensor [18].



**Gambar 1.** (a) Diagram blok sistem pemantau kualitas udara; (b) *Layout* alat ukur kualitas udara.

## 2.2 Lokasi dan Waktu Pengukuran

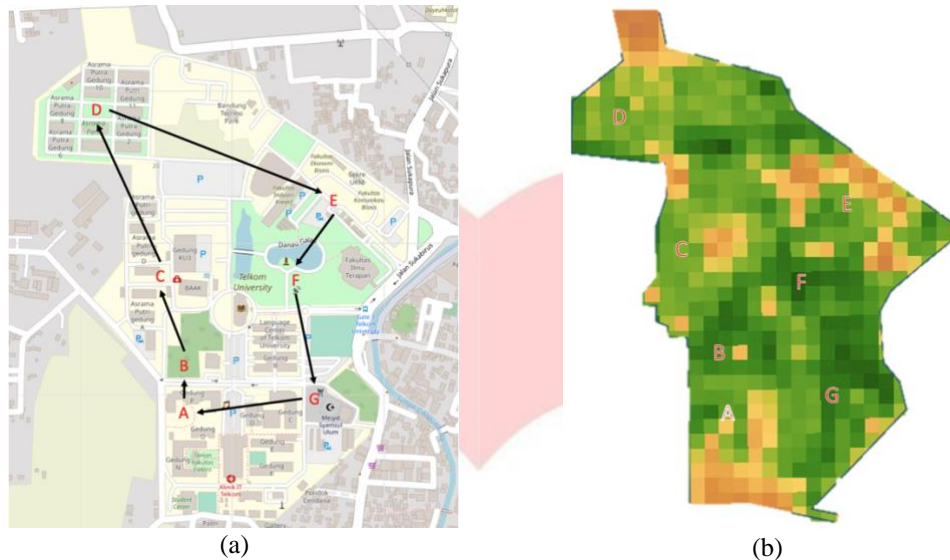
Telah dilakukan klasifikasi untuk perencanaan kebutuhan RTH. Menurut Nirwono dan Iwan (2011) klasifikasi RTH dibagi menjadi dua, berdasarkan bobot kealamiannya dan karakter ekologisnya. Pada bobot kealamiannya, dibagi lagi menjadi RTH alami dan non-alami. Sedangkan berdasarkan karakter ekologisnya, dibagi lagi menjadi RTH kawasan dan jalur. RTH alami adalah RTH yang tumbuh tanpa campur tangan manusia dan non-alami untuk RTH yang dibangun untuk kebutuhan tertentu seperti lapangan olahraga. RTH kawasan adalah RTH yang terdapat pada satu kawasan dan RTH jalur yang berbentuk jalur hijau memanjang seperti tempat pejalan kaki [19]. Hasil pengukuran Ruang Terbuka Hijau (RTH) di kawasan Universitas Telkom yang diambil melalui citra satelit *Google Earth*. Total luas kawasan Universitas Telkom adalah 50 Ha. RTH di Universitas Telkom terdiri dari taman dan pepohonan. RTH di Universitas Telkom tergolong RTH privat karena berada di kawasan pendidikan. RTH privat tidak dipergunakan untuk publik seperti taman kota. Lokasi pengukuran sangat berdekatan dengan pemukiman padat penduduk maupun daerah industri. Pada **Gambar 2(a)** dijelaskan RTH yang dijadikan tempat pengukuran. Pengukuran ini dilakukan pada bulan Agustus 2020 saat siang hari.

Berdasarkan bobot kealamiannya RTH di kawasan Universitas Telkom merupakan gabungan alami dan non-alami, pada beberapa titik di bagian Selatan Universitas Telkom, vegetasi tumbuh secara alami dan pada bagian Utara Universitas Telkom vegetasi ditanam untuk menambah jumlah pepohonan. Berdasarkan fungsinya, RTH di Universitas Telkom termasuk ke dalam fungsi ekologis, sosial, dan arsitektural. RTH termasuk ke dalam fungsi ekologis karena dapat membantu mereduksi polutan yang ada di kawasan Universitas Telkom. Adapun fungsi sosial dari RTH adalah, terdapat bangku-bangku taman di sekitaran RTH Universitas Telkom yang dapat menjadi sarana bagi mahasiswa. Sedangkan untuk fungsi arsitektural, merupakan fungsi yang ditekankan untuk estetika dan menambah kesan indah pada wilayah kampus Universitas Telkom. Vegetasi di daerah Universitas Telkom tidak merata, seperti di bagian Selatan atau di sekitaran gedung Fakultas Teknik yang lebih banyak ditumbuhkan pepohonan dan juga semak dibandingkan dengan sekitaran Asrama Putra/Putri dan juga bagian Utara atau di sekitaran Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB), Fakultas Komunikasi dan Bisnis (FKB), Fakultas Industri Kreatif (FIK), dan Fakultas Ilmu Terapan (FIT).

Adapun perhitungan persentase dari luas RTH dibandingkan dengan luas wilayah Universitas Telkom adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 KRTH &= \frac{LRTH}{LW} \times 100\% \\
 KRTH &= \frac{77.031}{500.000} \times 100\% \\
 KRTH &= 0,1541 \times 100\% \\
 KRTH &= 15,41\%
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Dapat disimpulkan bahwa luas RTH dari Universitas Telkom adalah 15,41%, dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang terdapat pada Google Earth sebesar 0,81 - 0,84 [20]. Pada **Gambar 2(b)** ditampilkan hasil dari klasifikasi citra Landsat 8, pada klasifikasi ini piksel digambarkan sebagai objek tertentu karena ukuran, bentuk, dan juga orientasi sampelnya. Hasil dari klasifikasi ini dibagi menjadi lima yaitu sangat rapat, rapat, sedang, jarang, dan sangat jarang. Pada tujuh titik pengambilan data telah didapatkan indeks kerapatan vegetasinya, ditampilkan pada **Tabel 1**.



**Gambar 2.** (a) Area pengukuran di Universitas Telkom (A-B-C-D-E-F-G-A); (b) Hasil klasifikasi Citra Landsat 8 pada kawasan Universitas Telkom.

**Tabel 1.** Nilai Klasifikasi NDVI melalui Citra Landsat 8 pada *Google Earth Engine*.

Kode	Lokasi	NDVI	Persentase Kerapatan	Keterangan
A	Gedung Deli	0,47	47%	Sedang
B	Gedung K	0,627	62,7%	Rapat
C	Asrama Putri	0,37	37%	Sedang
D	Asrama Putra	0,358	35,8%	Sedang
E	Gedung Manterawu	0,3	30%	Jarang
F	Situ Techno	0,36	36%	Sedang
G	MSU	0,55	55%	Rapat

### 2.3 Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan selama dua hari yaitu pada tanggal 25 dan 27 Agustus 2002 dengan berjalan mengitari lokasi yang sudah ditentukan selama 10 menit pada tiap lokasi, tujuh titik itu adalah Gedung Deli (A), Gedung K (B), Asrama Putri (C), Asrama Putra (D), Gedung Manterawu (E), Situ Techno (F), dan Masjid Syamsul Ulum (G) yang terlihat seperti **Gambar 2(a)**. Pengukuran dilakukan dengan mengitari seluruh area RTH di kawasan Universitas Telkom, pengukuran dilakukan pada siang hari dimana pada saat jam tersebut merupakan puncak aktivitas masyarakat. Skenario pengukuran yang dilakukan adalah dengan membawa alat pengukur kualitas udara dengan ketinggian 1,5 meter di atas permukaan tanah guna menghindari pendeteksian polutan dari tanah. Pada ketinggian ini juga merupakan rata-rata ketinggian pernapasan manusia. Pemilihan tujuh titik ini menggunakan metode *non-random sampling*, dengan tujuan memberikan kesempatan yang sama pada setiap anggota populasi untuk dijadikan sampel penelitian. Kelebihan dari metode ini adalah perhitungan kuantitatif sangat memungkinkan apabila populasi sangat besar [21]. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali pada jam yang bersamaan. Dari hasil pengukuran tersebut, diperoleh data polutan yang tersimpan pada *data logger*. Data tersebut diperlukan untuk mengetahui homogenitas udara, perbedaan konsentrasi polutan pada area RTH yang telah ditentukan, dan pengaruh lainnya yang mungkin dapat mempengaruhi konsentrasi  $PM_{2.5}$ ,  $CO_2$ , dan  $O_3$  di udara. Penelitian ini juga menggunakan data dari stasiun tetap yang berada di GKU, sebagai referensi untuk pengambilan data di lapangan.

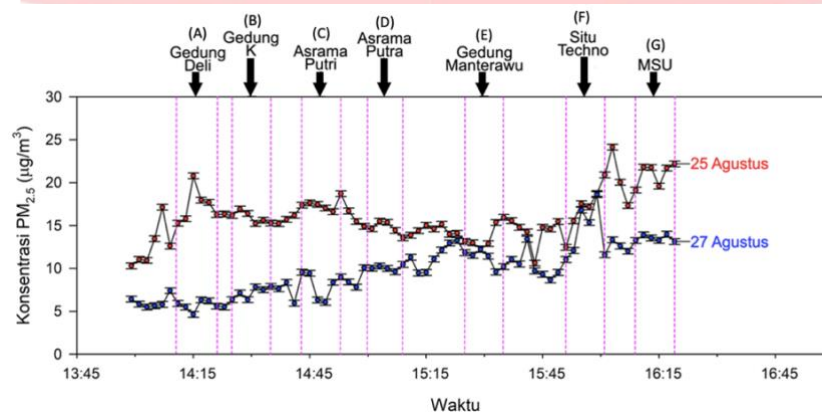
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Konsentrasi Massa $PM_{2.5}$

Seperti yang terlihat pada **Gambar 3**, data hasil pengukuran menunjukkan kurang adanya perubahan yang signifikan. Pada titik A (luas RTH  $\pm 2.000 m^2$  dan kerapatan vegetasi sedang), sedang terjadi aktivitas berupa pembakaran yang dekat dengan titik pengambilan data dengan konsentrasi  $PM_{2.5}$  sebesar  $23 \mu g/m^3$ . Di titik B (luas

RTH  $\pm 8.857 \text{ m}^2$  dan kerapatan vegetasi rapat), konsentrasi mass  $\text{PM}_{2.5}$  sebesar  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  cukup stabil cenderung rendah. Di sekitar titik C (luas RTH  $\pm 6.276 \text{ m}^2$  dan kerapatan vegetasi sedang), terdapat beberapa kendaraan yang melintas dan terdapat aktivitas berupa perbaikan jalan dengan konsentrasi massa  $\text{PM}_{2.5}$  sebesar  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Untuk di titik D (luas RTH  $\pm 904 \text{ m}^2$  dan kerapatan vegetasi rendah), aktivitas di sekitaran Asrama Putra sangat minim sehingga dapat dilihat tidak adanya lonjakan data dengan konsentrasi massa  $\text{PM}_{2.5}$  sebesar  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Di titik E (luas RTH  $\pm 1.019 \text{ m}^2$  dan kerapatan vegetasi jarang), terdapat tren data naik akibat dari lokasi pengambilan data berada dekat dengan gerbang utama tempat kendaraan keluar-masuk area kampus dengan konsentrasi massa  $\text{PM}_{2.5}$  sebesar  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pada titik F (luas RTH  $\pm 2.937 \text{ m}^2$  dan kerapatan vegetasi sedang), terlihat tren data naik pada beberapa waktu, akibat dari aktivitas manusia di sekitaran titik pengambilan data dengan konsentrasi massa  $\text{PM}_{2.5}$  sebesar  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tingkat vegetasi yang relatif rendah dengan ukuran pohon kecil hingga sedang, mengakibatkan meningkatnya konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  pada daerah sekitaran Situ Techno. Lokasi terakhir yaitu titik G (luas RTH  $\pm 3.268 \text{ m}^2$  dan kerapatan vegetasi tinggi), lokasi ini adalah tempat aktivitas keagamaan dimana aktivitas manusia yang tinggi dan berdekatan dengan lapangan parkir dan pemukiman warga dengan konsentrasi massa  $\text{PM}_{2.5}$  sebesar  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Terdapat kesamaan nilai konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  pada tanggal 25 dan 27 Agustus, pada dua titik yaitu Gedung Manterawu dan Situ Techno. Lokasi pengambilan data di Gedung Manterawu yang dekat dengan gerbang utama dan juga vegetasi yang jarang mengakibatkan nilai dari  $\text{PM}_{2.5}$  relatif sama. Sedangkan untuk di Situ Techno, konsentrasi ini diakibatkan aktivitas manusia yang cenderung lebih tinggi pada jam tersebut.



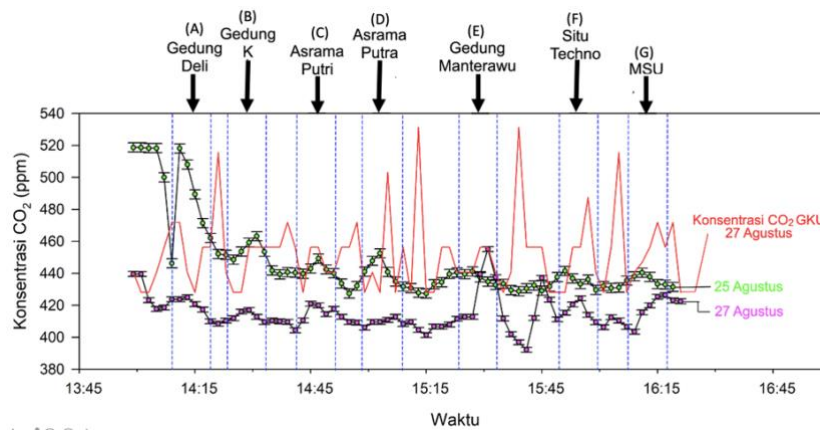
**Gambar 3.** Data konsentrasi massa  $\text{PM}_{2.5}$  pada tanggal 25 dan 27 Agustus 2020.

Secara garis besar pada **Gambar 3**, tren data  $\text{PM}_{2.5}$  untuk masing-masing RTH tidak terlalu signifikan. Perubahan nilai  $\text{PM}_{2.5}$  cenderung dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan kendaraan, dengan konsentrasi  $\text{PM}_{2.5} \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Akan tetapi, rata-rata  $\text{PM}_{2.5}$  di kawasan Universitas Telkom termasuk kategori baik berdasarkan standar WHO untuk daerah urban sebesar  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [22]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Poni S.K. dkk (2019), di Bandung Raya sendiri, konsentrasi  $\text{PM}_{2.5}$  berkisar antara  $24\text{--}34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [23]. Tidak diberikan data referensi dari stasiun tetap di GKU dikarenakan sensor sedang *offline*. Diketahui juga bahwa kurang signifikannya perubahan nilai  $\text{PM}_{2.5}$  juga dipengaruhi oleh area pengambilan data yang sempit ( $< 2\text{Ha}$ ). RTH dengan luas  $< 2\text{Ha}$  tidak cukup untuk menghasilkan perubahan secara kualitatif terhadap konsentrasi partikulat di udara [24].

### 3.2 Konsentrasi Gas $\text{CO}_2$

Data konsentrasi  $\text{CO}_2$ , setelah dilakukan pengukuran selama dua hari pada tujuh titik ditampilkan pada **Gambar 4**. Data yang diperoleh melalui stasiun pengukuran GKU dan pengambilan data lapangan sudah divalidasi menggunakan metode *box plot*. Terlihat pada **Gambar 4** perubahan  $\text{CO}_2$  tidak signifikan, pada RTH dengan vegetasi rendah atau tinggi. Akan tetapi terdapat kenaikan nilai  $\text{CO}_2$  pada Gedung Deli, yang diakibatkan oleh adanya aktivitas pembakaran di tanggal 25 Agustus yang tidak jauh dengan lokasi pengambilan data. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  masih normal dan mendekati nilai konsentrasi gas  $\text{CO}_2$  di udara ambien ( $\pm 430 \text{ ppm}$ ), dikarenakan minimnya aktivitas manusia atau kendaraan di sekitaran kampus Universitas Telkom. Sebab lainnya yang diakibatkan oleh sensor adalah ketelitian pembacaan sensor ini sebesar  $\pm 50 \text{ ppm}$ , sehingga memungkinkan perubahan yang kecil tidak bisa terbaca.

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Poni S.K. (2019), konsentrasi  $\text{CO}_2$  di Bandung Raya pada tanggal 30 Maret 2019 bernilai  $\pm 526 \text{ ppm}$  sebelum adanya peraturan mengenai pengurangan aktivitas manusia di luar ruangan [23]. Emisi  $\text{CO}_2$  sebagian besar diperoleh dari penggunaan bahan bakar fosil dan jumlah penduduk [25]. Adapun sebab lainnya adalah perubahan secara signifikan pada nilai  $\text{CO}_2$  hanya dapat diukur dengan rentang waktu pengukuran  $\pm 10$  tahun. Tren data pengukuran  $\text{CO}_2$  akan terlihat perubahan  $\pm 5\%$  pada ketinggian di bawah  $80 \text{ km}$  dari permukaan tanah, sedangkan perubahan  $\pm 12\%$  akan terlihat pada ketinggian  $110 \text{ km}$  [26].

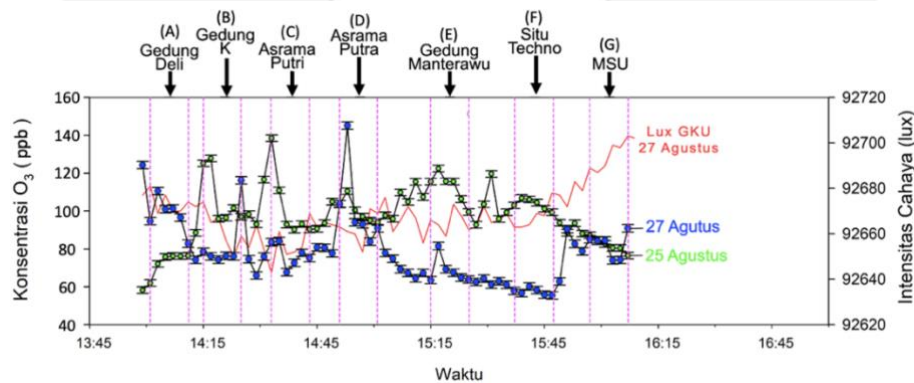


**Gambar 4.** Data konsentrasi CO<sub>2</sub> pada tanggal 25 dan 27 Agustus 2020.

### 3.3 Konsentrasi Gas O<sub>3</sub>

Profil konsentrasi gas O<sub>3</sub> pada tanggal 25 dan 27 Agustus 2020 dan intensitas cahaya pada tanggal 27 Agustus 2020 dapat dilihat pada **Gambar 5**. Pada titik A dengan tingkat kerapatan vegetasi sedang, untuk titik B dan G dengan tingkat kerapatan vegetasi rapat konsentrasi O<sub>3</sub> masih normal dengan nilai  $\pm 90$  ppb. Sedangkan untuk titik C dan D dengan tingkat kerapatan vegetasi sedang, terjadi lonjakan data yang mana diketahui di dekat lokasi pengambilan data yang dekat dengan wilayah pembangunan yaitu Gedung L dan *Telkom University Landmark Tower* (TULT) sehingga terdapat adanya emisi lokal dengan nilai  $\pm 130$  ppb. Untuk titik E dengan tingkat kerapatan vegetasi jarang dan titik F dengan tingkat kerapatan vegetasi sedang, lokasi pengambilan data dekat dengan gerbang utama Universitas Telkom tempat kendaraan keluar dan masuk ke wilayah kampus dengan nilai  $\pm 80$  ppb.

Adapun perubahan konsentrasi O<sub>3</sub> juga berdasarkan kerapatan vegetasi, dimana vegetasi yang lebih rapat mengakibatkan sensor kurang mendapat sinar matahari. Pada **Gambar 5**, dilihat juga bahwa terdapat kemiripan tren data Lux dan konsentrasi O<sub>3</sub> pada tanggal 27 Agustus. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Xin Wang et. al., nilai O<sub>3</sub> pada saat musim panas akan lebih tinggi dibandingkan musim lainnya, dimana VOCs beroksidasi dari vegetasi meningkatkan ozon permukaan dari 1,5 - 15 ppb. Dimana intensitas matahari saat musim panas lebih tinggi daripada musim lainnya [27]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sumit Sharma et. al. (2016) di kawasan urban yang dilakukan selama satu tahun, pada musim panas konsentrasi gas O<sub>3</sub> akan meningkat sebanyak 24% dengan rata-rata  $\pm 120$  ppb [28]. Adapun penelitian lainnya oleh Wei Wei et. al. (2015) di bulan Juli - Agustus 2010 pada kawasan industri nilai O<sub>3</sub>  $\pm 236$  ppb yang mana nilai tersebut akan mencapai puncak pada jam 11.00 - 14.30, konsentrasi gas pada kawasan industri lebih tinggi hingga 51% dibandingkan dengan daerah urban [29]. Akan tetapi, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara O<sub>3</sub> dan prekusornya.



**Gambar 5.** Data konsentrasi O<sub>3</sub> pada tanggal 25 dan 27 Agustus 2020.

### 3.4 Korelasi Luas RTH dan Konsentrasi PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>, dan O<sub>3</sub>

Uji ANOVA merupakan alat yang digunakan untuk mengevaluasi kebaikan model regresi. Uji ANOVA dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 25.0. Sebelum dilakukan Uji ANOVA, dilakukan Uji *One-Sample Kolmogorov-Smirnov* atau Uji Normalitas untuk mencari apakah data normal atau homogen. Total data yang dianalisis adalah 70 data sehingga didapatkan hasil dari *output* Uji Normalitas, didapatkan hasil signifikan yaitu 0,2 dimana nilai tersebut lebih besar dari 0,05 maka data dapat dikatakan normal sehingga dapat dilanjutkan dengan Uji Korelasi.

Pada **Tabel 2** terlihat hasil dari Uji Korelasi untuk mengetahui besar korelasi antara polutan dan luas RTH. Berdasarkan Uji Korelasi di tersebut, dihasilkan CO<sub>2</sub> memiliki korelasi kuat terhadap RTH. Tanda negatif pada hasil korelasi antara CO<sub>2</sub> dan RTH menunjukkan hasil yang berkebalikan, dimana nilai CO<sub>2</sub> akan menurun dengan naiknya luas RTH yang terukur. Untuk O<sub>3</sub> memiliki korelasi kuat terhadap luas RTH, sedangkan PM<sub>2.5</sub> memiliki korelasi lemah terhadap RTH yaitu 0,092 atau mendekati 0. Pada tabel juga terlihat bahwa nilai Signifikansi dari PM<sub>2.5</sub> terhadap RTH menunjukkan 0,450 yang mana berarti lebih besar dari 0,05, dimana disimpulkan bahwa pengaruh RTH dalam pengendalian PM<sub>2.5</sub> sangat rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu, yang menunjukkan bahwa area yang sempit mengakibatkan kurang signifikannya perubahan data pada PM<sub>2.5</sub> [24]. Nilai signifikansi di tersebut, sesuai dengan hasil pengambilan data yang dilakukan di lapangan.

Untuk mengetahui besar persentase keterikatan polutan terhadap RTH, dilakukan Uji ANOVA. Berikut hasil dari Uji ANOVA pada **Tabel 3**. Hasil dari Uji ANOVA menunjukkan bahwa besarnya perubahan rata-rata nilai terhadap perubahan RTH. Sehingga dapat disimpulkan ketiga polutan memiliki pengaruh terhadap luas RTH, adapun pengaruh secara simultan (Nilai F), yaitu untuk PM<sub>2.5</sub> sebesar 12,1% faktor pengaruh terhadap luas RTH, yang menunjukkan perubahan tren data naik dan turun terhadap tiap-tiap lokasi cenderung rendah. Hal ini sesuai dengan pengambilan data di lapangan bahwa, di tiap lokasi yang berbeda nilai PM<sub>2.5</sub> yg diperoleh lebih homogen. Untuk nilai F pada CO<sub>2</sub> sebesar 32.1% faktor terhadap luas RTH, menunjukkan perubahan nilai CO<sub>2</sub> pada tiap titik pengambilan data. Yang ditunjukkan oleh nilai CO<sub>2</sub> yang normal dengan aktivitas manusia atau kendaraan yang minim. Nilai F pada O<sub>3</sub> sebesar 50,4% faktor terhadap luas RTH, menunjukkan besarnya perubahan data pada tiap-tiap titik pengambilan data dimana tinggi atau rendahnya vegetasi mempengaruhi naik turunnya nilai O<sub>3</sub>. Pada Uji ANOVA, seluruh variabel dependen memiliki nilai signifikan 0, dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi antara variabel independen dan variabel dependennya.

Berdasarkan kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil kedua tabel tersebut, PM<sub>2.5</sub> memiliki korelasi yang lemah dengan perubahan luas RTH, sedangkan CO<sub>2</sub> dan O<sub>3</sub> memiliki korelasi yang kuat dengan perubahan luas RTH. Untuk meningkatkan kemampuan RTH dalam mereduksi polutan, perlu diperhatikan jenis dari tumbuhan yang ada di kawasan kampus. Terdapat tumbuhan dengan jenis tertentu dapat lebih baik dalam mereduksi konsentrasi PM<sub>2.5</sub> dan CO<sub>2</sub> di udara, begitu juga dengan pemerataan tumbuhan di kawasan kampus. Berdasarkan penelitian Yi Sun, et. al. (2020) dan Shirkou Jaafari et. al. (2020), menunjukkan luas RTH berkorelasi positif terhadap konsentrasi massa PM<sub>2.5</sub>, gas CO<sub>2</sub>, gas O<sub>3</sub>, dan gas lainnya [30,31]. Penelitian yang dilakukan oleh Lies Indriyani et. al. (2016) menunjukkan variasi vegetasi pada suatu RTH berperan penting dalam pengendalian polutan, dikarenakan terdapat beberapa tumbuhan tertentu yang dapat menyerap PM<sub>2.5</sub> atau CO<sub>2</sub> dengan sangat baik dibandingkan dengan tumbuhan yang lainnya [32].

**Tabel 2.** Hasil Uji Korelasi

		PM <sub>2.5</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	RTH
PM <sub>2.5</sub>	<i>Pearson Correlation</i>	1	.092	-.494**	.092
	Sig. (2-tailed)		.447	.000	.450
	N	70	70	70	70
CO <sub>2</sub>	<i>Pearson Correlation</i>	.092	1	-.648**	-.713**
	Sig. (2-tailed)	.447		.000	.000
	N	70	70	70	70
O <sub>3</sub>	<i>Pearson Correlation</i>	-.494**	-.648**	1	.339**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.004
	N	70	70	70	70
RTH	<i>Pearson Correlation</i>	.092	-.713**	.339**	1
	Sig. (2-tailed)	.450	.000	.004	
	N	70	70	70	70

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Tabel 3.** Hasil Uji ANOVA

		<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
PM <sub>2.5</sub>	<i>Between Groups</i>	227.339	6	37.890	12.154	.000
	<i>Within Groups</i>	196.407	63	3.118		
	<i>Total</i>	423.746	69			
CO <sub>2</sub>	<i>Between Groups</i>	22419.814	6	3736.636	32.145	.000
	<i>Within Groups</i>	7323.398	63	116.244		
	<i>Total</i>	29743.213	69			
O <sub>3</sub>	<i>Between Groups</i>	2544.312	6	424.052	50.484	.000
	<i>Within Groups</i>	529.186	63	8.400		
	<i>Total</i>	3073.498	69			

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini telah dilakukan untuk melihat konsentrasi massa  $PM_{2.5}$ ,  $CO_2$ , dan  $O_3$  dengan menggunakan alat yang sudah dikembangkan dalam penelitian sebelumnya, pengambilan data dilakukan pada tanggal 25 dan 27 Agustus 2020. Kondisi RTH di kawasan Universitas Telkom yang kurang merata terutama di wilayah kampus bagian utara, adapun hasil dari penelitian ini berupa observasi polutan dan melihat potensi RTH di kawasan kampus Universitas Telkom. Melalui perhitungan luas RTH dibandingkan dengan luas total wilayah Universitas Telkom, didapatkan persentase luas RTH sebesar 15,41%. Didapatkan nilai kerapatan vegetasi menggunakan transformasi NDVI untuk masing-masing titik pengukuran, dimana titik pengukuran Gedung Deli (A) dengan nilai 0,47 (sedang), Gedung K (B) dengan nilai 0,627 (rapat), Asrama Putri (C) dengan nilai 0,37 (sedang), Asrama Putra (D) dengan nilai 0,358 (sedang), Gedung Manterawu (E) dengan nilai 0,3 (jarang), Situ Techno (F) dengan nilai 0,36 (sedang), dan MSU (G) dengan nilai 0,549 (rapat).

Hasil pengukuran yang dilakukan pada tujuh titik pengambilan data didapatkan bahwa tidak terdapat perubahan secara signifikan pada nilai  $PM_{2.5}$ , akibat dari luas RTH yang kurang dari 2 Ha yang menjadikan data yang diperoleh tidak cukup untuk melihat adanya perubahan secara kualitatif. Untuk konsentrasi  $CO_2$ , dimana konsentrasi gas  $CO_2$  masih mendekati konsentrasi udara ambien yaitu  $\pm 430$  ppm dikarenakan minimnya aktivitas disekitaran kampus dan ketelitian pembacaan sensor  $\pm 50$  ppm juga berpengaruh sehingga perubahan nilai  $CO_2$  yang terlalu kecil tidak dapat terbaca. Terakhir adalah konsentrasi  $O_3$ , nilai  $O_3$  dipengaruhi oleh luas RTH, kerapatan vegetasi dan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor  $O_3$ .

Berdasarkan perhitungan analisis korelasi Uji ANOVA, didapatkan nilai persentase pengaruh luas RTH terhadap konsentrasi  $PM_{2.5}$  adalah 12,1% faktor terhadap perubahan luas RTH, untuk  $CO_2$  adalah 32,14% faktor terhadap perubahan luas RTH, dan untuk  $O_3$  adalah 50,48% faktor terhadap perubahan luas RTH. Meskipun perubahan konsentrasi  $PM_{2.5}$ ,  $CO_2$ , dan  $O_3$  tidak signifikan jelas bahwa RTH diperlukan untuk pengendalian polutan. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan peranan RTH dalam pengendalian polutan di Universitas Telkom. Disimpulkan bahwa  $PM_{2.5}$  memiliki korelasi yang lemah dengan perubahan luas RTH, untuk  $CO_2$  dan  $O_3$  memiliki korelasi yang kuat terhadap perubahan luas RTH. Untuk meningkatkan peran RTH dalam pengendalian polutan, perlu diperhatikan juga jenis vegetasi dan pemerataan pertumbuhannya di kawasan Universitas Telkom.

#### Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik Jawa Barat, "Jumlah Penduduk". Available: <https://jabar.bps.go.id/quickMap.html>. [Diakses 31 Desember 2020, 02:23 WIB].
- [2] Sumaryati. "Sumaryati, "Polusi Udara Di Kawasan Cekungan Bandung". Berita Dirgantara Vol. 12. 2011.
- [3] Johnson, P.R., Graham, J. J. "Fine Particulate Matter National Ambient Air Quality Standards: Public Health Impact On Population in the Northeastern United States". *Environmental Health Perspectives*, vol. 113, no. 9, pp. 1140 - 1147, 2005.
- [4] R. Mukhtar, et al. "Komponen Kimia  $PM_{2.5}$  dan  $PM_{10}$  di Udara Ambien di Serpong - Tangerang". *Jurnal Ecolab*, vol. 7, no. 1, pp. 1 - 7, 2013.
- [5] D. Lestiani, M. Santoso, A. Hidayat. "Karateristik Black Carbon Partikulat Udara  $PM_{2.5}$  di Bandung dan Lembang 2004 - 2005". *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, vol. 9, no. 2, pp. 89 - 94, 2008.
- [6] Jacob, D. J. *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press, 1999.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy*. Busan: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.
- [8] Heikes, B. G., et al. " $H_2O_2$ ,  $O_3$  and  $SO_2$  Measurements in The Lower Troposphere Over the Eastern United States During Fall". *Journal of Geophysical Research*, vol. 92, pp. 915 - 931, 1987.
- [9] Janhäll, S. "Review on Urban Vegetation and Particle Air Pollution - Deposition and Dispersion". *Atmospheric Environment*, vol. 105, pp. 130 - 137, 2015.
- [10] Hakim, R. *Ruang Terbuka dan Ruang Terbuka Hijau*. Jakarta: Universitas Trisakti, 2010.
- [11] Kementerian Pekerjaan Umum. *Panduan Pelaksanaan Program Pengembangan Kota Hijau (P2KH) 2011*. Jakarta : Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2011.
- [12] UI Greenmetric World University Ranking, "Criteria & Indicator". Available: <http://greenmetric.ui.ac.id/criteria-indicator/>. [Diakses 26 Januari 2021, 18:35 WIB].
- [13] Furqan Vaiccdan. Skripsi: "Pengamatan Konsentrasi Massa  $PM_{2.5}$  di Cekungan Udara Bandung Raya" (Bandung: Universitas Telkom, 2019).
- [14] DFRobot. "PM<sub>2.5</sub> Laser Dust Sensor SKU SEN0177". Available: [https://wiki.dfrobot.com/PM2.5\\_laser\\_dust\\_sensor\\_SKU\\_SEN0177](https://wiki.dfrobot.com/PM2.5_laser_dust_sensor_SKU_SEN0177). [Diakses 16 September 2019 20:50 WIB].
- [15] Arief Abdurrachman. Skripsi: "Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Gas  $CO_2$  dan  $NO_2$  Untuk Pengamatan Emisi Dari Pembakaran Sampah Rumah Tangga" (Bandung: Universitas Telkom, 2019).
- [16] DFRobot. "Gravity Analog Infrared  $CO_2$  Sensor For Arduino SKU SEN0219". Available: [https://wiki.dfrobot.com/Gravity\\_Analog\\_Infrared\\_CO2\\_Sensor\\_For\\_Arduino\\_SKU\\_SEN0219](https://wiki.dfrobot.com/Gravity_Analog_Infrared_CO2_Sensor_For_Arduino_SKU_SEN0219). [Diakses 16 September 2019 15:41 WIB].



- [17] SPEC Sensors. "Operation Overview". Available: <https://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2016/05/SPEC-Sensor-Operation-Overview.pdf>. [Diakses: 30 Januari 2021 00:02].
- [18] SPEC Sensors. "Ozone (O3) Sensor, 0 - 20 ppm". Available: <https://www.spec-sensors.com/product/ozone-sensor/>. [Diakses: 23 September 2019 14:31].
- [19] J. Nirwono dan I. Ismaun. *RTH 30% Resolusi Kota Hijau*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama Trijanto, 2011.
- [20] Xiaoping, L, et. al. "High-resolution multi-temporal mapping of global urban land using Landsat images based on Google Earth Engine Platform". *Remote Sensing of Environment*, vol. 209, pp. 227-239, 2018.
- [21] Etikan, I, et. al. "Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling". *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. Vol. 5, No. 1, pp. 1-4, 2016.
- [22] Wu, J, et. al. "Effects of Urban Landscape Pattern on PM<sub>2.5</sub> Pollution—A Beijing Case Study". *PLoS ONE*, vol. 10, no. 11, 2015.
- [23] Kurniawati, P.S, et. al. "Rain effects on the air pollution (i.e., PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO, and CO<sub>2</sub>)". *Journal of Engg Research*, pp. 57-62, 2019.
- [24] Qiu, L, et. al. "The Reducing Effect of Green Spaces with Different Vegetation Structure on Atmospheric Particulate Matter Concentration in BaoJi City, China". *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, vol. 9, no. 332, 2018.
- [25] Chen, Jiandong, et. al. "Decomposition and decoupling analysis of CO<sub>2</sub> emissions in OECD". *Elsevier Applied Energy*, vol. 231, pp. 935-950, 2018.
- [26] Yue, J, et. al. "Increasing Carbon Dioxide Concentration in the Upper Atmosphere Observed by SABER". *Geophysical Research Letters*, vol. 42, pp. 7194-7199, 2015.
- [27] Wang, X, et. al. "Characteristics of Surface Ozone at an Urban Site of Xi'an in Northwest China". *Journal of Environmental Monitoring*, vol. 14, pp. 116-126, 2012.
- [28] Sharma, S, et. al. "Statistical behaviour of ozone in urban environment". *Sustainable Environment Research*, vol. 26, pp. 142-148, 2016.
- [29] Wei, Wei, et. al. "Characterizing ozone pollution in a petrochemical industrial area in Beijing, China: a case study using chemical reaction model". *Environ Monit Assess*, vol. 377, pp. 187 - 197, 2015.
- [30] Sun, Yi, et. al. "Associations between green space and preterm birth: Windows of susceptibility and interaction with air pollution". *Environment International*, vol. 142, 2020.
- [31] Jaafari, Shirkou, et. al. "Applying landscape metrics and structural equation modeling to predict the effect of urban green space on air pollution and respiratory mortality in Tehran". *Environ Monit Assess*, vol. 192, pp. 412 - 427, 2020.
- [32] Indriyani, Lies, et. al. "Management of Green Open Space (RTH) in Kendari to Reduce Air Pollution". *European Journal of Sustainable Development*, vol. 5, pp. 403 - 408, 2016.