

# Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau dalam Mengurangi Pencemaran Udara di Kawasan Metropolitan Surakarta untuk Mewujudkan *Sustainable Development Goals* (SDGs)

Muhammad Daffa Musyary<sup>1</sup>, Imam Buchori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Bandung, Bandung

<sup>2</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: [daffamusyary.ks@gmail.com](mailto:daffamusyary.ks@gmail.com)

Received 4 April 2024 | Revised 10 April 2024 | Accepted 20 April 2024

## ABSTRAK

Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kawasan Metropolitan Surakarta berkurang dari 35% di tahun 1980-an menjadi kurang dari 10% di tahun 2021 yang berarti luasan RTH tersebut tidak memenuhi standar menurut UU no 26 tahun 2007. Hal tersebut berdampak pada kualitas lingkungan perkotaan salah satunya adalah pencemaran udara yang merupakan pilar lingkungan dari Sustainable Development Goals (SDGs). Tujuan penelitian ini untuk menganalisis luasan RTH ideal dalam membantu mengurangi pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta. Metode yang digunakan adalah analisis spasial menggunakan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Landscape Pattern Metrics untuk melihat pengaruh dan korelasi antara kerapatan RTH dengan pencemaran udara di tahun 2012 - 2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa kerapatan RTH hasil NDVI berbanding terbalik dengan pencemaran udara dimana semakin menurun luasan RTH maka akan semakin tinggi nilai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) di Kawasan Metropolitan Surakarta. Berdasarkan analisis trendline, strategi yang perlu dilakukan adalah meningkatkan luas RTH sebesar 50 Ha setiap tahun agar nilai ISPU di tahun 2030 menjadi 41,4 masuk dalam kategori udara sehat.

**Kata kunci:** Ruang Terbuka Hijau, Pencemaran Udara, Kawasan Metropolitan Surakarta

## ABSTRACT

Green open space in the Surakarta Metropolitan Area has decreased from 35% in the 1980s to less than 10% in 2021, which means that the green open space does not meet the standards according to Law No. 26 of 2007. This has an impact on the quality of the urban environment, one of which is contamination. Air which is the environmental pillar of the Sustainable Development Goals (SDGs). The aim of this research is to analyze the ideal green open space area to help reduce air pollution in the Surakarta Metropolitan Area. The method used is spatial analysis using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Landscape Pattern Metrics to see the influence and correlation between green open space density and air contamination in 2012 - 2022. The results of the analysis show that the NDVI based green open space density is inversely proportional to air contamination, which is increasing. As the area of green open space increases and decreases, the higher the ISPU value in the Surakarta Metropolitan Area. Based on trendline analysis, the strategy that needs to be implemented is to increase the green open space area by 50 Ha every year so that the ISPU value in 2030 becomes 41.4 in the healthy air category.

**Keywords:** Green open space, Air Pollution, Surakarta Metropolitan Area

## 1. PENDAHULUAN

Ruang terbuka hijau merupakan elemen penting untuk kesejahteraan masyarakat di lingkungan perkotaan karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan seperti pencemaran udara [1]. Salah satu indikator kota yang berkelanjutan dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)* adalah pilar pembangunan lingkungan dengan tujuan kota berkelanjutan indikator 11.6 tentang pencemaran udara dan indikator 11.7 tentang ketersediaan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan [2]. SDGs kota yang berkelanjutan juga memperhatikan tentang kualitas dan kuantitas ruang terbuka hijau pada kawasan perkotaan [3] dan lingkungan perkotaan yang bersih dari pencemaran udara, air, dan tanah [4]. Dinamika ruang terbuka hijau di kawasan metropolitan pada 30 tahun terakhir mengalami penurunan, disisi lain kawasan terbangun dan penduduk perkotaan semakin meningkat akibat dampak urbanisasi yang mengakibatkan pencemaran udara perkotaan tidak dapat terbendung. Salah satunya di Kawasan Metropolitan Surakarta yang menjadi kawasan strategis ekonomi. Luasan RTH nya telah berkurang dari 35% pada awal tahun 1980-an menjadi kurang dari 10% pada saat ini [5].

Undang-Undang (UU) Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menyebutkan bahwa luas minimal Ruang Terbuka Hijau (RTH) di suatu kota adalah 30% dari luas wilayah. Faktanya menurut data PUPR baru 13 dari 174 kota di Indonesia yang telah memiliki persentase RTH 30% atau lebih [15]. Hal tersebut sangat berdampak pada kualitas lingkungan perkotaan salah satunya adalah pencemaran udara. Pencemaran udara akan berakibat buruk bagi kehidupan [6]. Pencemaran udara di daerah perkotaan cenderung semakin hari meningkat terutama di kawasan metropolitan dengan kepadatan lalu lintas yang cukup tinggi [7]. Peran penting vegetasi dalam mengendalikan pencemaran udara dengan menyerap karbondioksida yang menjadikannya sebagai pereduksi karbon paling efektif kawasan perkotaan terutama di jalan raya [8]. Fungsi tersebut akan optimal dilakukan oleh beberapa pohon atau vegetasi berbiomassa besar seperti Mahoni, Jati dan Angsana [9]. Indikator terpenting dari pencemaran udara adalah PM10 yang perlu diperhatikan dan dikendalikan oleh pembuat kebijakan perkotaan dengan cara memaksimalkan RTH yang dapat berkontribusi untuk mengurangi pencemaran udara di kawasan perkotaan [10].

Analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis sudah banyak dipakai dalam penelitian ruang terbuka hijau di suatu kota dengan berbagai metode. Misalnya metode *Supervised Classification* untuk melihat perubahan guna ruang dan RTH dalam penelitian *Urbanization and Green Space Dynamics in Greater Dhaka, Bangladesh* [11] dan metode *NDVI analyze* untuk melihat kualitas ruang terbuka hijau pada penelitian *Temporal Trend of Green Space Coverage in China and Its Relationship with Urbanization Over the Last Two Decades* [12]. Metode Landscape Pattern Metrics untuk melihat pola perubahan dinamika ruang hijau pada penelitian *Spatial–Temporal Dynamics of Urban Green Space in Response to Rapid Urbanization and Greening Policies* [13]. RTH yang selalu berkurang akibat dampak urbanisasi merupakan salah satu isu perkotaan terkhusus untuk kawasan metropolitan hampir di semua negara termasuk Indonesia [14]. Hal tersebut menyebabkan pencemaran udara di daerah perkotaan cenderung semakin hari meningkat terutama di kawasan metropolitan, salah satunya adalah Kawasan Metropolitan Surakarta [16]. Berdasarkan data RTH di kawasan metropolitan surakarta didapatkan bahwa wilayah Subosukawonosraten yang merupakan salah satu kawasan strategis ekonomi nasional, terdiri dari Kota Surakarta, Kabupaten Boyolali, Sukoharjo, Karanganyar, Wonogiri, Sragen, dan Klaten luasan RTH nya tidak mencakup standar sesuai kebijakan yang berlaku dalam UU Penataan Ruang [17]. Pencemaran udara lingkungan di Kota Surakarta dianalisis DLH Kota Surakarta pada tahun 2018 melakukan pemantauan dan pengukuran kualitas udara di 14 titik lokasi sampling menggunakan *passive sampler* yang kemudian dilakukan pengujian kualitas udara ambien serta dilakukan analisis Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) bahwa rata-rata indeksnya kurang sehat [18].

Penelitian ini berfokus pada analisis spasial pada ketersediaan RTH terhadap pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta di tahun 2012 – 2022 dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis luasan RTH ideal dalam membantu mengurangi pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta. Data yang digunakan adalah data – data luasan RTH dan pencemaran udara menggunakan ISPU. Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai dukungan untuk mewujudkan kota yang berkelanjutan dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)* dan juga menjadi masukan bagi Pemerintah Kota Surakarta yang menjadi objek studi dari penelitian ini yang diharapkan dapat dijadikan acuan dalam menentukan kebijakan pembangunan guna mewujudkan SDGs.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui pengumpulan data survey sekunder. Penggunaan Sistem Informasi Geospasial menjadi pilihan dalam memenuhi kebutuhan data seperti citra satelit.

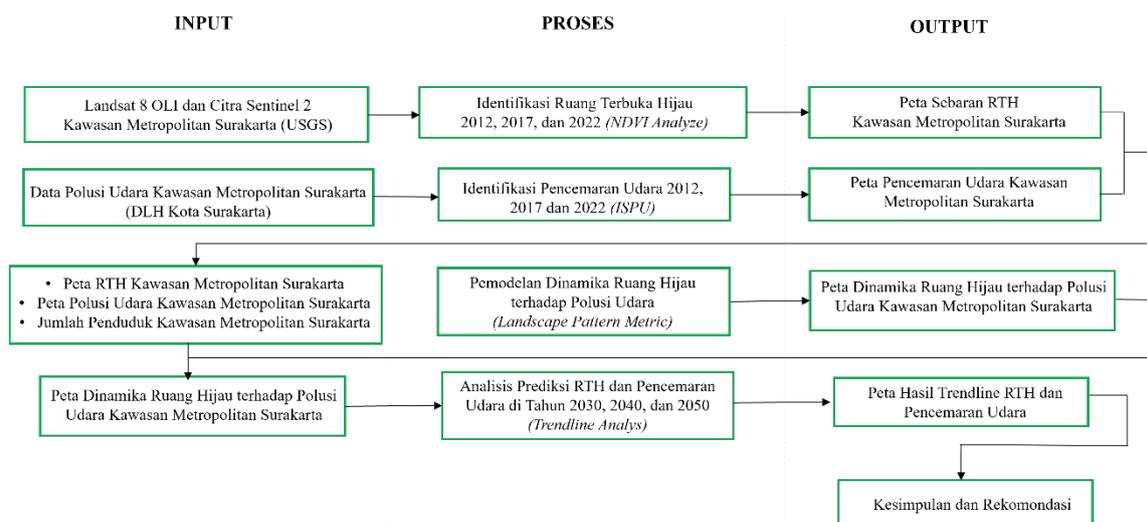
#### a. Citra Satelit

Data citra satelit yang digunakan adalah citra *Sentinel-2* di Kawasan Metropolitan Surakarta melalui *USGS Earth Explorer*. Data citra satelit digunakan untuk melakukan analisis perubahan ruang terbuka hijau dan ruang terbangun dan juga menganalisis luasan standar ruang terbuka hijau sesuai dengan UU Nomor 26 Tahun 2007. Selain itu citra satelit juga digunakan untuk melakukan analisis NDVI di Kawasan Metropolitan Surakarta. Citra satelit yang digunakan merupakan citra satelit tahun 2012, 2017, dan 2022. Hal tersebut karena analisis NDVI yang dilakukan ingin melihat perubahan ruang terbuka hijau mulai pada tahun akhir MDGs sampai dengan awal tahun SDGs.

#### b. Data Pencemaran Udara

Data pencemaran udara yang digunakan adalah SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan PM<sub>10</sub> yang didapat dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta untuk melihat tingkat pencemaran udara berdasarkan Indeks ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta menggunakan metode *Inverse Distance Weighted (IDW)*.

### 2.5 Metode



**Gambar 1. Kerangka Analisis**

Berdasarkan **Gambar 1**, bahwa penelitian ini akan menggunakan teknologi sistem informasi geografis dalam menganalisis luasan ruang hijau dan pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta dengan menggunakan citra satelit. Pemanfaatan teknologi sistem informasi geografis menggunakan citra satelit dalam penelitian ini dibatasi pada analisis yang memiliki keterkaitan dengan pengolahan citra. Data yang sudah didapatkan melalui kajian literatur dan sumber-sumber lainnya, akan dilakukan analisis untuk menyelesaikan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis luasan RTH ideal dalam membantu mengurangi pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta untuk membantu mewujudkan *Sustainable Development Goals (SDGs)* Kota yang Berkelanjutan. Berikut ini merupakan analisis yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Identifikasi luasan RTH di Kawasan Metropolitan Surakarta menggunakan NDVI [12];
- Identifikasi Pencemaran Udara sesuai ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta [18];
- Analisis Perbandingan Dinamika Kerapatan RTH dengan *Landscape Pattern Metrics* [1]; dan
- Strategi Penambahan Luasan RTH yang Ideal di Kawasan Metropolitan Surakarta untuk Mewujudkan *Sustainable Development Goals (SDGs)* Kota yang Berkelanjutan menggunakan *trendline analyze* [9].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Identifikasi Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Metropolitan Surakarta

Hasil analisis NDVI di Kawasan Metropolitan Surakarta di tahun 2012, 2017, dan 2022. Nilai  $-1$  s/d  $-0,03$  merupakan kawasan badan air ataupun awan, nilai  $-0,03$  s/d  $0,15$  merupakan kawasan permukiman, lahan kosong, jalan, atau industri, nilai  $0,15$  s/d  $0,25$  merupakan sawah irigasi atau sawah tadah hujan, nilai  $0,26$  s/d  $0,35$  merupakan taman kota, stadion, jalur hijau, pekarangan, atau perkebunan, dan nilai  $0,36$  s/d  $1$  merupakan hutan atau kawasan lindung.

**Tabel 1. Hasil NDVI Kawasan Metropolitan Surakarta**

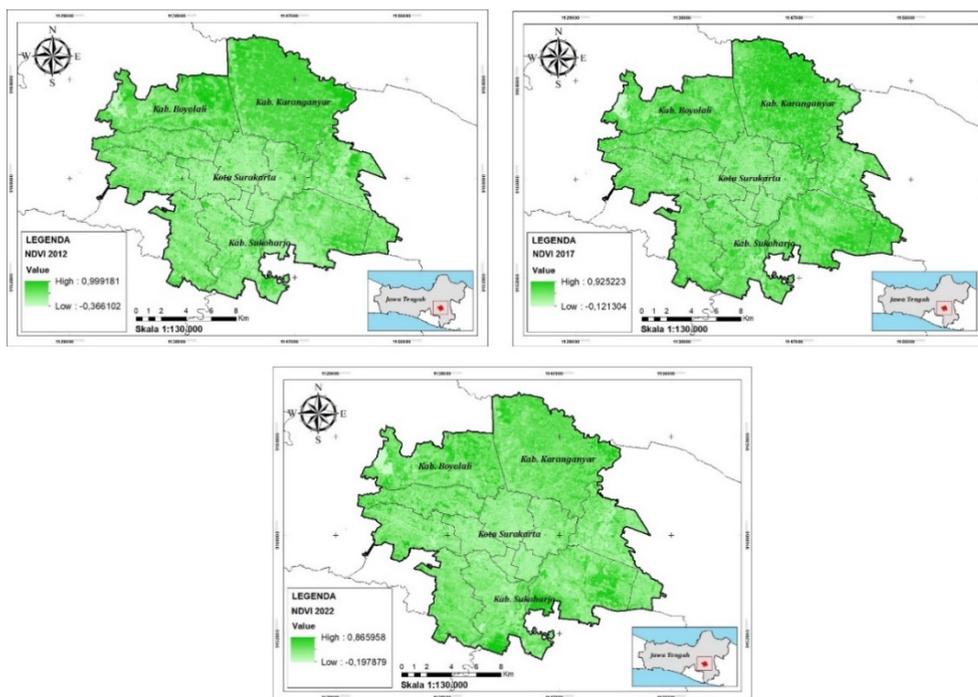
NDVI	Keterangan	2012	2017	2022
<b>-1 s/d -0,03</b>	Awan, Badan Air	876,5	886,1	823,7
<b>-0,03 s/d 0,15</b>	Tanah Kosong, Permukiman, Jalan	5907,33	6206,39	6701,74
<b>0,15 s/d 0,25</b>	Sawah Irigasi	19459,1	19332,3	18965,8
<b>0,26 s/d 0,35</b>	Kebun, Taman Kota, Jalur Hijau, Pekarangan	987,2	915,1	863,4
<b>0,36 s/d 1</b>	Hutan	1659,87	1550,11	1535,36

Berdasarkan **Tabel 1** hasil analisis NDVI di Kawasan Metropolitan Surakarta dapat dilihat bahwa nilai  $0,15$  s/d  $0,25$ ,  $0,26$  s/d  $0,35$  dan  $0,36$  s/d  $1$  cenderung mengalami penurunan di setiap tahunnya. Sedangkan hasil NDVI di nilai  $-0,03$  s/d  $0,15$  selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal tersebut berarti terjadi peningkatan luasan lahan terbangun di Kawasan Metropolitan Surakarta setiap tahunnya dan terjadi penurunan luasan ruang terbuka hijau seperti perkebunan, hutan dan kawasan lindung di Kawasan Metropolitan. Nilai  $0,15$  s/d  $0,25$  yang merupakan sawah irigasi atau sawah tadah hujan juga cenderung mengalami penurunan setiap tahun, akan tetapi sawah bukan termasuk dalam klasifikasi RTH.

**Tabel 2. Hasil NDVI Kawasan Metropolitan Surakarta per Kecamatan**

Kabupaten/Kota	Kecamatan	2012	2017	2022
Boyolali	Ngemplak	508,2	479,8	465,8
	Karanganyar	184,1	173,8	168,7
Karanganyar	Gondangrejo	510,0	481,5	467,5
	Jaten	243,6	230,0	223,3
	Sukoharjo	173,9	164,2	159,4
Sukoharjo	Grogol	203,1	191,7	186,1
	Kartasura	123,6	116,7	113,3
	Mojolaban	228,4	215,6	209,3
	Surakarta	150,8	142,3	138,2
Surakarta	Jebres	112,9	106,6	103,5
	Laweyan	81,5	76,9	74,7
	Pasar Kliwon	61,8	58,3	56,6
	Serengan	35,2	33,3	32,3
	Total		<b>2647,07</b>	<b>2465,21</b>

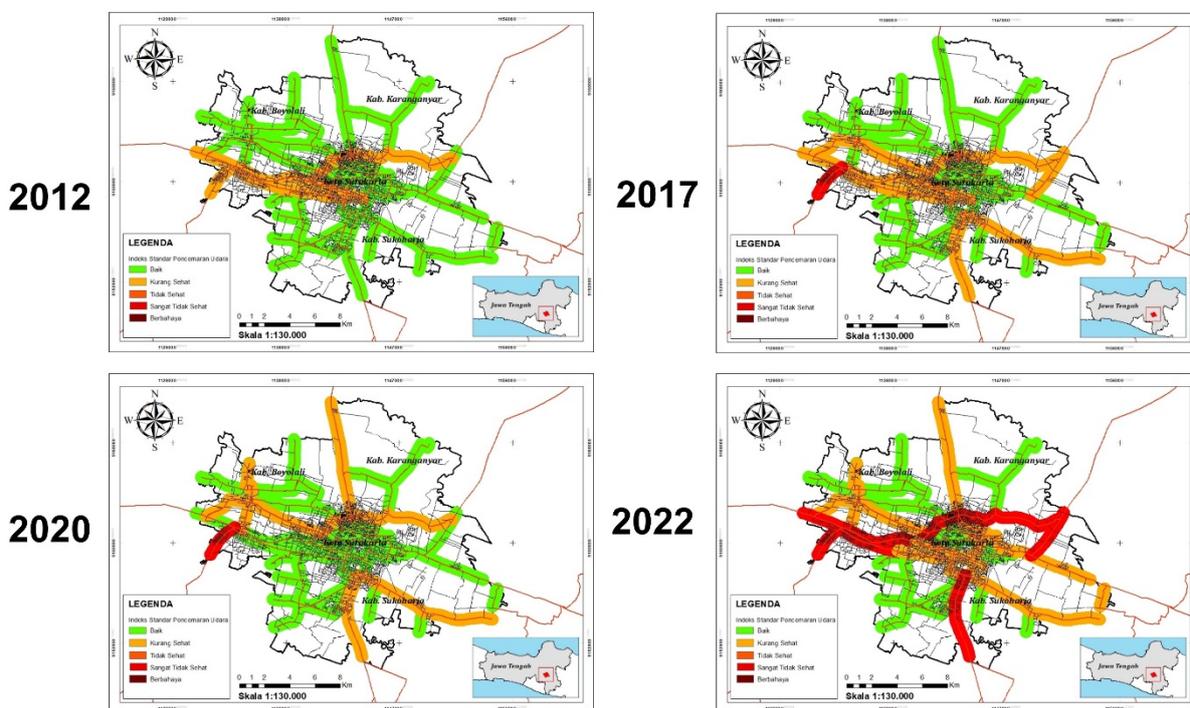
Berdasarkan **Tabel 2**. Luasan RTH di tahun 2017 menurun seluas 181,8 Ha atau sebesar 6,86% dari luasan RTH di tahun 2012, dan luasan RTH di tahun 2022 menurun seluas 66,45 Ha atau sebesar 2,69% dari luasan RTH di tahun 2017. Salah satu faktor yang menyebabkan berkurangnya luas RTH adalah penambahan jumlah penduduk yang memicu peningkatan permintaan akan lahan untuk pemukiman serta infrastruktur pendukung lainnya seperti rumah sakit, pasar, dan kantor pelayanan publik. Hal tersebut akan terus terjadi jika tidak ada strategi pengendalian karena secara alami, populasi suatu daerah cenderung terus meningkat seiring waktu. Kondisi tersebut juga berlangsung di Kawasan Metropolitan Surakarta ketika pada sisi kebutuhan akan permukiman dan sarana/prasanana semakin meningkat maka akan ada tanah yang harus dikorbankan. Berikut ini merupakan peta dinamika ruang terbuka hijau di Kawasan Metropolitan Surakarta tahun 2012, 2017, dan 2022.



**Gambar 2. Peta RTH Hasil NDVI Kawasan Metropolitan Surakarta 2012, 2017, dan 2022**

### 3.2 Identifikasi Pencemaran Udara sesuai Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) di Kawasan Metropolitan Surakarta

Saat ini Indeks standar kualitas udara yang dipergunakan secara resmi di Indonesia adalah Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP 45 / MENLH / 1997 Tentang Indeks Standar Pencemaran Udara. Parameter Indeks Standar Pencemaran Udara meliputi: a. Partikulat (PM10) b. Karbondioksida (CO) c. Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>). d. Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). e. Ozon (O<sub>3</sub>). Akan tetapi pada penelitian ini Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang diambil menggunakan parameter SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan PM10 karena keterbatasan data. Data yang digunakan adalah SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, dan PM10 yang diambil dari 40 ruas jalan dan industri di Kota Surakarta, Kabupaten Sukoharjo, Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Boyolali di tahun 2012, 2017, 2020, dan 2022.



Gambar 4. Peta Perubahan ISPU Kawasan Metropolitan Surakarta

Berdasarkan Gambar 4. ke-empat peta perubahan peta perubahan ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta di tahun 2012 – 2022 dapat diketahui bahwa ISPU di Kawasan Metropolitan selalu mengalami peningkatan kecuali di tahun 2020 karena adanya pandemi *Covid-19* yang membuat pemerintah Kota Surakarta mengambil kebijakan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) untuk meminimalisir penularan virus *Covid-19*. Salah satu ketentuan saat PSBB adalah penutupan di beberapa ruas jalan utama dan penutupan tempat-tempat keramaian seperti mall, stadion, dll. sehingga mengakibatkan penurunan mobilitas masyarakat di Kota Surakarta dan sekitarnya. Pengurangan mobilitas masyarakat jelas mengakibatkan penurunan penggunaan transportasi dan juga meminimalisir kegiatan industri yang ada, hal tersebut mengakibatkan penurunan ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta. Berdasarkan dari peta tersebut dapat dilihat dari ISPU yang awalnya rata-rata masuk dalam kategori baik di tahun 2012 menjadi banyak ruas jalan yang tidak sehat di tahun 2022. Salah satu penyebab peningkatan ISPU beberapa ruas jalan di Kawasan Metropolitan Surakarta dikarenakan lokasi Kota Surakarta yang strategis dalam hal perekonomian. Kota Surakarta merupakan pusat perekonomian bagi Kawasan

Subosukowonsraten. Hal tersebut juga didukung dengan adanya kemudahan aksesibilitas jalan tol di Jawa Tengah salah satunya Kota Surakarta merupakan perlintasan bagi masyarakat yang melakukan ke Jawa Timur maupun ke DIY Yogyakarta, Jawa Barat, atau DKI Jakarta.

### 3.3 Analisis Perbandingan Dinamika Kerapatan Ruang Terbuka Hijau dengan Indeks Standar Pencemaran Udara

*Landscape pattern metric* merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk merumuskan pola spasial penggunaan lahan perkotaan berbasis metrik. Dalam penelitian ini analisis tersebut dilakukan dengan bantuan gabungan plugin *LEcoS (Landscape Ecology Statistics)* pada aplikasi QGIS 3.12. Pola spasial yang akan dianalisis untuk dinamikanya adalah pola NDVI atau spasial kerapatan ruang terbuka hijau dengan ISPU di 40 ruas jalan di Kawasan Metropolitan Surakarta. Analisis dilakukan dengan pendekatan *spatial metric* dengan metrik yang digunakan kategori *Aggregation*. Metrik tersebut digunakan dan dihitung dari level Class (tingkat ISPU) dan Landscape (NDVI) terdiri dari *Number of Patch*, *Patch Density*, *Percentage of Like Adjacencies*, dan *Interspersion and Juxtaposition Index*. Berikut ini merupakan satuan untuk metrik yang digunakan dalam menganalisis pola spasial kerapatan penggunaan lahan pada analisis ini.

**Tabel 3. Satuan *Spatial Metric***

No	Metrik	Intial	Satuan
1	<i>Number of Patch</i>	NP	<i>Patch</i>
2	<i>Patch Density</i>	PD	<i>Patch/100 Ha</i>
3	<i>Percentage of Like Adjacencies</i>	PLADJ	Persen (%)
4	<i>Interspersion and Juxtaposition Index</i>	IJI	Persen (%)

Secara rinci nilai NP dan PD merupakan komposisi patch dalam *landscape* untuk indikator tingkat fragmentasi [19]. Semakin tinggi nilai NP dan PD maka semakin tinggi nilai fragmentasinya yang membuat tingkat kerapatannya menurun, nilai PD berkaitan dengan NP dan lebih memperhatikan luasan patch penggunaan lahannya. Selanjutnya nilai metrik PLADJ dan IJI merupakan indikasi dari konfigurasi patch [20]. Nilai PLADJ menunjukkan tingkat kerapatan penggunaan lahan, semakin besar nilai PLADJ maka semakin besar tingkat kerapatan penggunaan lahannya. Kemudian nilai IJI menunjukkan persentase tingkat fragmentasi penggunaan lahan yang terjadi, semakin besar nilai IJI maka semakin besar tingkat fragmentasi yang terjadi dan berpengaruh pada pola kepadatan penggunaan lahan. Berikut ini merupakan data hasil analisis NP, PD, PLADJ, dan IJI pada dinamika kerapatan ruang terbuka hijau berdasarkan analisis NDVI dengan pencemaran udara ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta tahun 2012, 2017, 2020 dan 2022 Bulan Juli.

**Tabel 4. Hasil *Spatial Metric* Kawasan Metropolitan Surakarta**

Parameter	NP				PD			
	2012	2017	2020	2022	2012	2017	2020	2022
<b>Ruang Terbuka Hijau (NDVI)</b>	27	32	36	36	0,9855	1,168	1,314	1,314
<b>Pencemaran Udara (ISPU)</b>	31	24	19	29	1,1315	0,876	0,6935	1,0585

Parameter	<i>PLADJ</i>				<i>IJI</i>			
	2012	2017	2020	2022	2012	2017	2020	2022
<b>Ruang Terbuka Hijau (NDVI)</b>	93,16	92,83	92,56	92,56	62,32	62,10	61,92	61,92
<b>Pencemaran Udara (ISPU)</b>	78,21	78,52	78,96	78,31	52,32	52,53	52,82	52,39

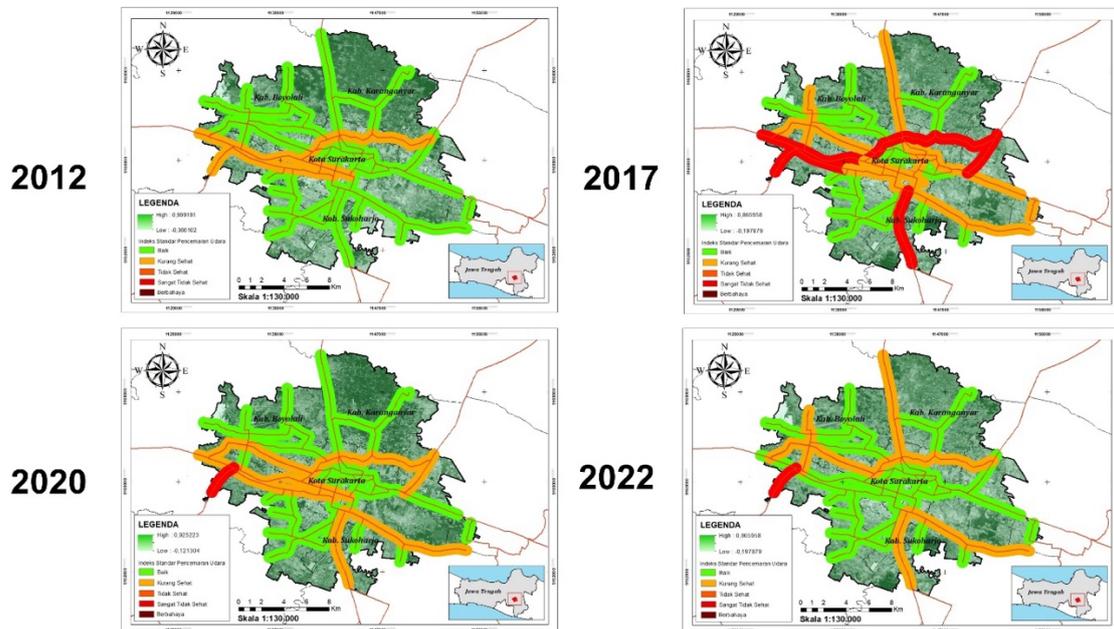
Berdasarkan keempat analisis spatial pattern metrik yaitu analisis NP, PD, PLADJ, dan IJI pada dinamika kerapatan RTH berdasarkan analisis NDVI dengan pencemaran udara ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta tahun 2012, 2017, 2020 dan 2022 didapatkan hasil berikut.

**Tabel 5. Hasil Analisis NP, PD, PLADJ, dan IJI pada Ruang Terbuka Hijau dan Pencemaran Udara**

Parameter	<i>Number of Patch (NP)</i>			Hasil
	2012-2017	2017-2020	2020-2022	
<b>Ruang Terbuka Hijau (NDVI)</b>	Meningkat	Meningkat	Tidak berubah	<b>Kerapatan cenderung menurun</b>
<b>Pencemaran Udara (ISPU)</b>	Menurun	Menurun	Meningkat	<b>Kerapatan signifikan meningkat</b>
Parameter	<i>Patch Density (PD)</i>			Hasil
	2012-2017	2017-2020	2020-2022	
<b>Ruang Terbuka Hijau (NDVI)</b>	Meningkat	Meningkat	Tidak berubah	<b>Kerapatan cenderung menurun</b>
<b>Pencemaran Udara (ISPU)</b>	Menurun	Menurun	Meningkat	<b>Kerapatan signifikan meningkat</b>
Parameter	<i>Percentage of Like Adjacencies (PLADJ)</i>			Hasil
	2012-2017	2017-2020	2020-2022	
<b>Ruang Terbuka Hijau (NDVI)</b>	Menurun	Menurun	Tidak berubah	<b>Kerapatan cenderung menurun</b>
<b>Pencemaran Udara (ISPU)</b>	Meningkat	Meningkat	Menurun	<b>Kerapatan signifikan meningkat</b>
Parameter	<i>Interspersion and Juxtaposition Index (IJI)</i>			Hasil
	2012-2017	2017-2020	2020-2022	
<b>Ruang Terbuka Hijau (NDVI)</b>	Menurun	Menurun	Tidak berubah	<b>Kerapatan cenderung menurun</b>
<b>Pencemaran Udara (ISPU)</b>	Meningkat	Meningkat	Menurun	<b>Kerapatan signifikan meningkat</b>

Berdasarkan **Tabel 5.** dapat dilihat nilai PD dan NP pada RTH semakin meningkat dan nilai PLADJ dan IJI semakin menurun yang berarti kerapatan RTH di Kawasan Metropolitan menurun secara signifikan setiap periode tahunnya. Sedangkan dilihat nilai PD dan NP pada ISPU semakin menurun dan nilai PLADJ dan IJI semakin meningkat yang berarti kerapatan pencemaran udara cenderung menurun setiap periode tahunnya kecuali di 2020 pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta mengalami penurunan, hal tersebut dikarenakan terjadi pandemi *Covid-19* yang membuat pemerintah Kota Surakarta mengambil kebijakan PSBB untuk meminimalisir penularan virus *Covid-19*. Salah satu ketentuan saat PSBB adalah penutupan di beberapa ruas jalan utama dan penutupan tempat-tempat

keramaian yang membuat penurunan pencemaran udara di tahun 2020. Berikut ini merupakan peta hasil analisis spasial landscape pattern metric.

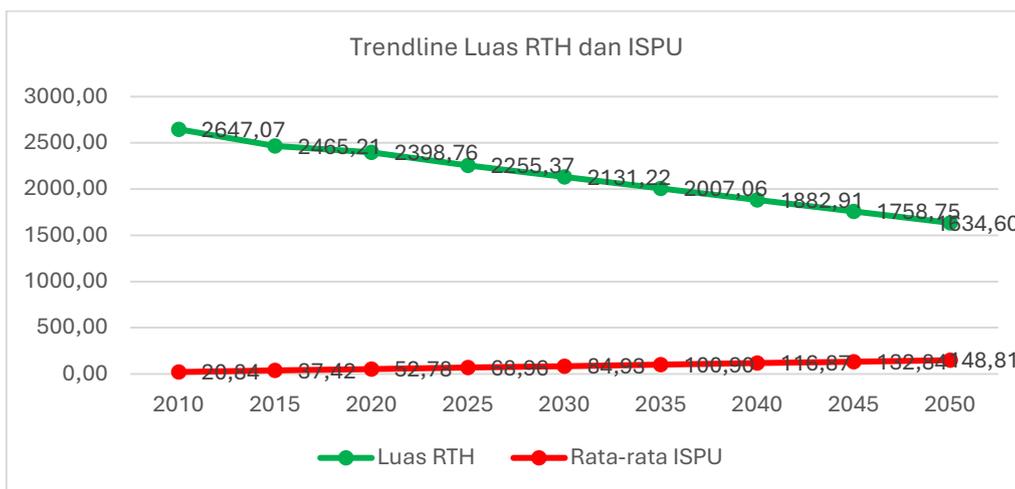


**Gambar 5.** Peta Hasil Landscape Pattern Metric Kawasan Metropolitan Surakarta

Berdasarkan **Gambar 5.** Hasil analisis spasial *landscape pattern metric* Kawasan Metropolitan Surakarta di tahun 2012 – 2022 dapat diketahui bahwa kondisi ruang terbuka hijau dengan indeks NDVI rendah cenderung didominasi oleh indeks pencemaran udara yang kurang sehat, sedangkan indeks NDVI yang tinggi mempunyai tingkat pencemaran udara yang lebih baik. Secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat kerapatan RTH berbanding terbalik dengan tingkat kerapatan pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta pada tahun 2012, 2017, 2022. Semakin tinggi rendah nilai RTH maka akan semakin tinggi nilai pencemaran udara nya. Pola spasial yang didapatkan bahwa setiap pengurangan RTH sebesar 2,1% akan meningkatkan 0,92% ISPU atau berarti setiap pengurangan RTH 45,1 Ha akan menambah 1 tingkat ISPU.

### **3.4 Strategi Ruang Terbuka Hijau yang Ideal di Kawasan Metropolitan Surakarta untuk Mewujudkan Sustainable Development Goals (SDGs) Kota yang Berkelanjutan**

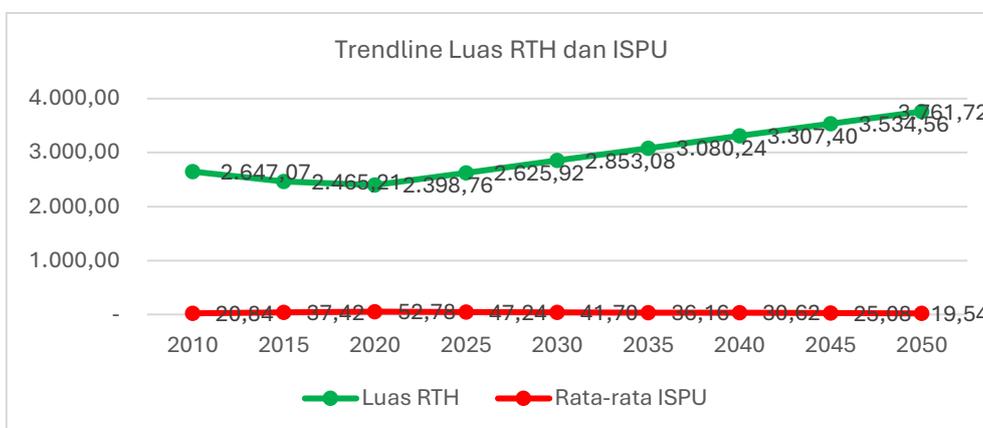
Salah satu respon yang paling berpengaruh untuk meningkatkan luasan RTH di Kawasan Surakarta untuk mewujudkan SDGs Kota yang Berkelanjutan adalah kebijakan pemerintah. Jika pemerintah tidak mengambil langkah untuk membuat kebijakan terkait RTH maka luasannya nya akan stuck bahkan bias berkurang setiap tahunnya karena melihat dalam kurun waktu 15 tahun RTH di Kawasan Metropolitan Surakarta sudah berkurang seluas 248,31 Ha. Berikut ini merupakan trendline luas RTH dan ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta jika pemerintah tidak mengambil kebijakan terkait penambahan ruang terbuka hijau.



Gambar 6. Grafik Trendline Luas RTH dan Rata-rata ISPU tanpa Kebijakan

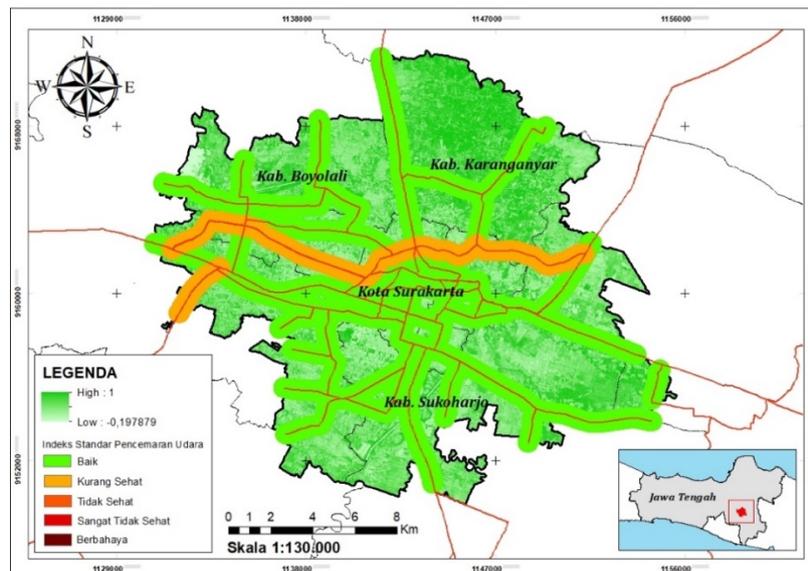
Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat sesuai *trendline* yang ada jika pemerintah tidak mengambil kebijakan terkait penambahan RTH maka jumlahnya akan terus berkurang hingga menjadi 120,59 di tahun 2050. Sedangkan pencemaran udara sesuai ISPU akan terus mengalami peningkatan hingga di tahun 2050 di angka rata-rata 148,81 yang berarti semua ruas jalan di Kawasan Metropolitan Surakarta masuk dalam kategori tidak sehat. Dengan adanya peningkatan ISPU dapat menyebabkan peningkatan emisi polutan udara dan gas rumah kaca. Hal ini menjadi salah satu faktor terjadinya peningkatan suhu rata – rata di Kawasan Metropolitan Surakarta. Selain itu pencemaran udara dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Paparan berlebihan terhadap gas polutan seperti CO, SO2, NO2, TSP, dan PM10 dapat menyebabkan gangguan pada saluran pernapasan yang menyebabkan kesejahteraan masyarakat berkurang dengan begitu akan sulit untuk mewujudkan SDGs Kota yang berkelanjutan.

Berdasarkan perhitungan hasil *landscape pattern metric* pengurangan RTH setiap 45,1 Ha diluar variabel lain akan menambah 1 tingkat ISPU, begitu juga sebaliknya dengan menambah 45,1 Ha di luar variabel lain maka akan mengurangi 1 tingkat ISPU. Dengan begitu jika pemerintah melakukan kebijakan penambahan luas RTH seluas 50 Ha setiap tahun maka akan mengurangi ISPU sebesar 1,10 setiap tahunnya. Berikut ini merupakan hasil *trendline* prediksi jika pemerintah menerapkan kebijakan penambahan luasan RTH sebesar 50 Ha setiap tahunnya.



Gambar 7. Grafik Trendline Luas RTH dan Rata-rata ISPU dengan Kebijakan Penambahan RTH 5 Ha /Tahun

Berdasarkan **Gambar 7**, menunjukkan *trendline* luas RTH terhadap ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta jika pemerintah membuat kebijakan penambahan RTH sebesar 250 Ha setiap 5 tahun atau 50 Ha setiap tahunnya sampai dengan tahun 2050. Melihat grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun 2030 dengan penambahan ruang terbuka hijau seluas 2.625,9 Ha tingkat rata-rata indeks standar pencemaran udara adalah 47,24 yang berarti sudah masuk dalam kategori udara yang sehat jika sebelumnya pada tahun 2020 masuk dalam kategori kurang sehat. Akan tetapi nilai rata-rata 47,24 masih belum aman karena mungkin ada beberapa ruas jalan yang masuk kategori kurang sehat. Berdasarkan **Gambar 6**, prediksi ISPU dengan kategori sehat aman rata-rata terlihat di tahun 2040 dengan nilai ISPU sebesar 30,62 dengan penambahan luasan RTH seluas 3.080,24 Ha dengan ini kemungkinan besar semua ruas jalan di Kawasan Metropolitan Surakarta berada dalam ISPU kategori sehat.



**Gambar 8. Peta Prediksi Trendline RTH dan ISPU di Kawasan Metropolitan Surakarta tahun 2050**

Berdasarkan temuan penulis bahwa jika tidak ada kebijakan pemerintah maka RTH di Kawasan Metropolitan Surakarta akan terus berkurang setiap tahun dan akan mengakibatkan pencemaran udara semakin meningkat hal tersebut sesuai di dalam DIKPLHD Kota Surakarta menyebutkan bahwa pemangku kebijakan sangat kurang tegas dalam mengambil kebijakan terkait RTH yang mengakibatkan adanya penurunan pada periode 10 tahun terakhir. Sesuai dengan **Gambar 7**, bahwa kebijakan penambahan 50 Ha luasan RTH setiap tahunnya berdasarkan analisis *trendline* sangat efektif untuk mengurangi nilai ISPU. Terlihat di dan **Gambar 8**. Bahwa prediksi pencemaran udara ketika pemerintah mengembangkan RTH 50 Ha tiap tahun, di tahun 2050 pencemaran udara didominasi oleh ISPU yang baik. Walaupun penambahan RTH bukan satu-satunya variabel yang dapat mempengaruhi nilai ISPU, dengan begitu jika sekiranya kebijakan penambahan 50 Ha luasan RTH memberatkan dapat diimbangi dengan memperbaiki variabel lain yang mempengaruhi nilai ISPU seperti kebijakan transportasi darat. Bahkan dengan tetap melakukan kebijakan penambahan 50 Ha luasan RTH setiap tahunnya ditambah dengan kebijakan lain terkait variabel yang berhubungan dengan ISPU seperti kebijakan pembatasan penggunaan transportasi darat, atau penambahan jumlah BRT maka pengurangan nilai ISPU di setiap tahunnya akan lebih signifikan. Dengan begitu Kawasan Surakarta dapat membantu mewujudkan Indonesia dalam SDGs Kota yang Berkelanjutan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa luasan RTH di Kawasan Metropolitan Surakarta semakin berkurang di tahun 2012 – 2022. Salah satu penyebab berkurangnya luasan RTH dikarenakan peningkatan jumlah penduduk yang akan meningkatkan kebutuhan akan lahan pemukiman dan sarana/prasarana penunjang lainnya. Berdasarkan peta penurunan RTH paling signifikan ada di Kabupaten Karanganyar. Ketiga luasan RTH eksisting di Kawasan Metropolitan Surakarta belum ada yang memenuhi ketiga standar luasan kebutuhan RTH di perkotaan. Berdasarkan hasil analisis perubahan ISPU, dapat diketahui bahwa ISPU di Kawasan Metropolitan selalu mengalami peningkatan di tahun 2012 - 2022 kecuali di tahun 2020 karena terdapat pandemi *Covid-19* yang menyebabkan berkurangnya mobilitas masyarakat. Salah satu penyebab peningkatan ISPU beberapa ruas jalan di Kawasan Metropolitan Surakarta dikarenakan lokasi Kota Surakarta yang strategis dalam hal perekonomian karena Kota Surakarta merupakan pusat perekonomian bagi Kawasan Subosukowonsraten. Hal tersebut juga didukung dengan adanya kemudahan aksesibilitas jalan tol di Jawa Tengah salah satunya Kota Surakarta merupakan perlintasan bagi masyarakat yang melakukan ke Jawa Timur maupun ke DIY Yogyakarta, Jawa Barat, atau DKI Jakarta. Penurunan ISPU di tahun 2020 bulan Juli karena adanya pandemi *Covid-19* yang membuat pemerintah Kota Surakarta mengambil kebijakan PSBB untuk meminimalisir pergerakan untuk menurunkan mobilitas.

Hasil analisis *landscape pattern metrics* dapat diketahui bahwa kerapatan RTH di Kawasan Metropolitan menurun secara signifikan setiap periode tahunnya. Sedangkan kerapatan pencemaran udara cenderung menurun setiap periode tahunnya kecuali di tahun 2020 pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta mengalami penurunan, Secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat kerapatan RTH berbanding terbaik dengan tingkat kerapatan pencemaran udara di Kawasan Metropolitan Surakarta pada tahun 2012, 2017, 2022. Semakin tinggi rendah nilai RTH maka akan semakin tinggi nilai pencemaran udara nya. Berdasarkan perhitungan hasil *landscape pattern metric* pengurangan RTH setiap 45,1 Ha diluar variabel lain akan menambah 1 tingkat ISPU, begitu juga sebaliknya dengan menambah 45,1 Ha di luar variabel lain maka akan mengurangi 1 tingkat ISPU. Hasil analisis strategi RTH yang ideal di Kawasan Metropolitan Surakarta menggunakan *trendline analyze* jika pemerintah tidak mengambil kebijakan terkait penambahan RTH maka jumlahnya akan terus berkurang hingga menjadi 120,59 Ha di tahun 2050. Sedangkan pencemaran udara sesuai ISPU akan terus mengalami peningkatan hingga di tahun 2050 di angka rata-rata 148,81 yang berarti semua ruas jalan di Kawasan Metropolitan Surakarta masuk dalam kategori tidak sehat. Akan tetapi jika pemerintah membuat kebijakan penambahan RTH sebesar 250 Ha setiap 5 tahun atau 50 Ha setiap tahunnya sampai dengan tahun 2050. Melihat grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun 2030 dengan penambahan RTH seluas 2.625,9 Ha tingkat rata-rata indeks standar pencemaran udara adalah 47,24 yang berarti sudah masuk dalam kategori udara yang sehat Dengan begitu Kawasan Surakarta dapat membantu mewujudkan Indonesia dalam SDGs Kota yang Berkelanjutan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, terutama kepada Rukuh Setiadi, ST, MEM. Ph.D dan Novia Sari Ristianti, ST, MT yang telah banyak memberi masukan, kritik dan saran serta arahan perbaikan dalam penelitian ini. Penelitian ini sebagian didanai oleh hibah penelitian dari Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Jaafari, A. A. Shabani, M. Moeinaddini, A. Danehkar, and Y. Sakieh, "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. 1–15, 2020.
- [2] G. Yusuf and W. Darajati, "Metadata Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)," *Sustainable Development Goals (SDGs) Indonesia Pilar Pembangunan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas RI, 2017.
- [3] J. Zhao *et al.*, "Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades," *Science of the Total Environment*, vol. 442, pp. 455–465, 2013.
- [4] S. S. Somvanshi, A. Vashisht, U. Chandra, and G. Kaushik, "Delhi air pollution modeling using remote sensing technique," *Handbook of environmental materials management*, pp. 1–27, 2019.
- [5] D. Hartanti, "Kajian Ruang Terbuka Hijau di Kota Surakarta Provinsi Jawa Tengah Tahun 2020," *Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2020.
- [6] S. Tresnasari, B. Budiyo, and S. Suhartono, "GAMBARAN POLA PENCEMAR UDARA DI WILAYAH SEKITAR BUNDRAN HOTEL INDONESIA TAHUN 2017," *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, vol. 6, no. 6, pp. 344–353, 2018.
- [7] W. E. Cahyono, "Kajian tingkat pencemaran sulfur dioksida dari industri di beberapa daerah di Indonesia," *Berita Dirgantara*, vol. 12, no. 4, 2011.
- [8] A. NUROHMA and D. K. SARI, "Aplikasi Citra Landsat 8 OLI/TIRS Untuk Mengestimasi Parameter Kualitas Udara PM10 dan CO di Kota Bandung," *Prosiding FTSP Series*, pp. 1267–1272, 2023.
- [9] Y. Sakieh, S. Jaafari, M. Ahmadi, and A. Danekar, "Green and calm: Modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers," *Urban For Urban Green*, vol. 24, pp. 195–211, 2017.
- [10] W. I. Ervianto, "Kajian Tentang Kota Berkelanjutan Di Indonesia (Studi Kasus Kota Yogyakarta)," *Jurnal Media Teknik Sipil*, vol. 16, no. 1, p. 60, 2018.
- [11] T. Byomkesh, N. Nakagoshi, and A. M. Dewan, "Urbanization and green space dynamics in Greater Dhaka, Bangladesh," *Landscape and Ecological Engineering*, vol. 8, pp. 45–58, 2012.
- [12] J. Zhao *et al.*, "Temporal trend of green space coverage in China and its relationship with urbanization over the last two decades," *Science of the Total Environment*, vol. 442, pp. 455–465, 2013.
- [13] X. Zhou and Y.-C. Wang, "Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies," *Landsc Urban Plan*, vol. 100, no. 3, pp. 268–277, 2011.
- [14] Y. Qian, W. Zhou, W. Li, and L. Han, "Understanding the dynamic of greenspace in the urbanized area of Beijing based on high resolution satellite images," *Urban For Urban Green*, vol. 14, no. 1, pp. 39–47, 2015.
- [15] R. Dwihatmojo, "Ruang terbuka hijau yang semakin terpinggirkan," *Dalam [http://www.bakosurtanal.go.id/assets/download/artikel/BIGRuangTerbukaHijauyangSema kinTerpinggirkan. pdf](http://www.bakosurtanal.go.id/assets/download/artikel/BIGRuangTerbukaHijauyangSema%20kinTerpinggirkan.pdf), diakses tanggal*, vol. 4, 2016.
- [16] S. Samsudi, "Ruang terbuka hijau kebutuhan tata ruang perkotaan kota Surakarta," *Journal of Rural and Development*, vol. 1, no. 1, 2010.
- [17] F. H. Mardiansjah, "Pertumbuhan penduduk perkotaan dan perkembangan pola distribusinya pada Kawasan Metropolitan Surakarta," 2018.
- [18] A. Budiyo, "Indeks Kualitas Udara," *Berita Dirgantara*, vol. 3, no. 1, 2010.
- [19] D. T. Rutledge, "Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?," 2003.
- [20] F. Aguilera, L. M. Valenzuela, and A. Botequilha-Leitão, "Landscape metrics in the analysis of urban land use patterns: A case study in a Spanish metropolitan area," *Landsc Urban Plan*, vol. 99, no. 3–4, pp. 226–238, 2011.