



## DAMPAK SOSIAL LINGKUNGAN PENURUNAN JASA EKOSISTEM DI KOTA SEMARANG

### SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS OF DECREASING ECOSYSTEM SERVICES IN SEMARANG CITY

Siti Siwi Wulandari<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro; Semarang

\*Korespondensi: [wulandarisitiwi@gmail.com](mailto:wulandarisitiwi@gmail.com)

#### Info Artikel:

- Artikel Masuk: 10 Juli 2023
- Artikel diterima: 26 September 2024
- Tersedia Online: 30 September 2024

#### ABSTRAK

Jasa ekosistem mengacu pada kebermanfaatan ekosistem yang dapat dinikmati manusia dan makhluk hidup lainnya. Namun, manfaat yang diperoleh dari jasa ekosistem dapat menurun akibat adanya pencemaran lingkungan terutama udara dan air yang umum terjadi di kota-kota besar, diantaranya adalah Kota Semarang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak sosial lingkungan penurunan jasa ekosistem di Kota Semarang dengan pendekatan studi literatur. Data dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk mengetahui keterkaitan pencemaran terhadap penurunan jasa ekosistem di Kota Semarang. Penelitian ini menunjukkan bahwa pencemaran udara di Kota Semarang didominasi oleh CO dan NO<sub>2</sub> sebesar 3970 µg/Nm<sup>3</sup> dan 66 µg/Nm<sup>3</sup> yang menyebabkan nilai indeks kualitas udara (IKU) belum optimal. Data kualitas Sungai Garang di Kota Semarang juga menunjukkan TSS, COD, BOD, COD, Fecal coli, serta Total Coli yang sudah melampaui baku mutu peruntukan air baku air minum. Penurunan jasa ekosistem yang terjadi akibat pencemaran udara dan air di Kota Semarang antara lain nilai IKU yang belum optimal dengan emisi gas yang dapat mengganggu kesehatan serta fluktuasi indeks kualitas air (IKA) yang berimbas pada pemenuhan air bersih dan air minum yang belum maksimal. Guna mengatasi penurunan jasa ekosistem, pemerintah dapat menerapkan regulasi daerah berwawasan lingkungan dan menerapkan payment for ecosystem services.

**Kata Kunci:** Jasa, Ekosistem, Pencemaran Udara, Pencemaran Air, Kota Semarang, Imbal Jasa Lingkungan

#### ABSTRACT

Ecosystem services refer to the benefits of ecosystems that humans and other living things enjoy. However, the benefits obtained from ecosystem services can decrease due to environmental pollution, especially air and water, which is common in big cities, including Semarang City. This research aims to analyze the socio-environmental impacts of declining ecosystem services in Semarang City using a literature study approach. Data were analyzed using descriptive qualitative methods to determine pollution's relationship to the decline of ecosystem services in Semarang City. This research shows that CO and NO<sub>2</sub> dominate air pollution in Semarang City at 3970 µg/Nm<sup>3</sup> and 66 µg/Nm<sup>3</sup> which causes the air quality index (AQI) value to be not optimal. Data on the quality of the Garang River in Semarang City also shows that TSS, COD, BOD, COD, Fecal coli, and Total Coli have exceeded the quality standards for drinking water. The decline in ecosystem services that occurs due to air and water pollution in Semarang City includes suboptimal AQIs values with gas emissions that can interfere with health and fluctuations in the water quality index (WQI) which impacts the fulfillment of clean water and drinking water that is not yet optimal. The government can implement environmentally sound regional regulations and apply payment for ecosystem services to overcome the decline in ecosystem services.

**Keywords:** Ecosystem Services, Air Pollution, Water Pollution, Semarang City, Payment for Ecosystem Services

Copyright © 2024 GJGP-UNDIP

This open-access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

## 1. PENDAHULUAN

Jasa ekosistem mengacu pada segala hal yang diberikan ekosistem bagi kehidupan yang secara general menguntungkan bagi makhluk hidup dan khususnya mampu menyejahterakan kehidupan manusia. Jasa ekosistem dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, seperti jasa penyediaan, jasa habitat, jasa produksi, jasa pengaturan, dan yang tak kalah pentingnya adalah jasa informasi (Kementerian Kesehatan RI, 2017).

Jasa penyediaan yang diberikan ekosistem mengacu pada keuntungan berupa tersedianya hasil pertanian, meliputi sayur mayur, buah-buahan, jenis tanaman obat dan tanaman bumbu dapur, serta penyediaan estetika yang berasal dari tanaman hias maupun jenis tanaman sukulen (Chen et al., 2022). Ekosistem juga memberikan jasa produksi, yang salah satunya berupa produksi oksigen. Oksigen merupakan komponen penting dalam kehidupan makhluk hidup, karena diperlukan untuk metabolisme tubuh guna menghasilkan energi serta menunjang jenis metabolisme yang lain (Chintantya & Maryono, 2017).

Jasa ekosistem dalam menyediakan habitat bergantung pada kelestarian alam di dalamnya. Ekosistem yang seimbang tidak saja memungkinkan manusia untuk menetap di dalamnya, tetapi hewan, jamur atau jenis mikroba lain juga dapat hidup di dalamnya. Sebaliknya, pada kondisi ekosistem yang sudah tercemar, tentunya jasa ekosistem dalam memenuhi habitat makhluk hidup juga akan terbatas (Jannah et al., 2020). Di sisi lain, terdapat jenis jasa ekosistem yang tak kalah pentingnya, yaitu fungsi pengaturan. Fungsi ini secara kasat mata dapat dikaji dalam siklus pengaturan ekosistem pada proses daur air yang secara global juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang lebih luas. Ekosistem yang tersusun atas banyak infrastruktur hijau mampu mengendalikan luapan air hujan yang berlimpah melalui resapan oleh akar pepohonan (Chintantya & Maryono, 2017).

Jasa pendukung yang diberikan ekosistem kepada manusia yaitu berupa jasa informasi. Jenis jasa ini dapat menjadi dasar analisis dan pengambilan keputusan mengenai kondisi suatu ekosistem. Pada fase yang kurang baik, manusia dapat melakukan penyelamatan untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem yang bersangkutan. Namun, tidak saja untuk mengatasi masalah perubahan ekosistem, jasa informasi ini juga dapat menjadi acuan bagi peneliti dan masyarakat untuk dapat menerapkan pembangunan berkelanjutan guna menjaga kelestarian ekosistem, sehingga beberapa jasa yang telah disebutkan di atas dapat terus dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup lain (Jannah et al., 2020).

Jasa ekosistem seperti yang telah disebutkan di atas dapat berperan dengan baik dengan syarat lingkungan dalam keadaan seimbang. Artinya dalam hal ini lingkungan tidak terkontaminasi polutan. Kalaupun ada polutan yang mencemarnya, polutan harus berada pada ambang batas sehingga ekosistem dapat memulihkan diri dari kontaminasi tersebut. Akan tetapi, yang menjadi permasalahan adalah jika polutan terus mencemari ekosistem tiada henti. Akibatnya, tidak ada waktu atau jeda bagi ekosistem untuk dapat memulihkan kondisinya menjadi seimbang kembali (Yu et al., 2023).

Kontaminasi polutan dengan mudah banyak dijumpai di wilayah perkotaan. Aktivitas industri, penggunaan kendaraan pribadi berbahan dasar bahan bakar olahan fosil, penumpukan sampah tanpa adanya daur ulang, serta sanitasi yang kurang baik akan menimbulkan banyak permasalahan dalam kehidupan. Banyak jasa lingkungan yang akan semakin menurun, seperti penyediaan air bersih, krisis pangan, serta buruknya kualitas udara yang berakibat pada Kesehatan manusia (Yu et al., 2023).

Wilayah perkotaan tumbuh berkembang dari proses urbanisasi. Orang berlomba-lomba untuk ke kota sebagai pusat peradaban guna mencari penghidupan yang lebih baik. Fenomena ini juga memberikan pengaruh dengan terganggunya manfaat jasa lingkungan yang dapat dinikmati masyarakat. Bertambahnya penduduk di suatu daerah mengindikasikan konsumsi segala aspek kehidupan yang ikut bertambah, mulai dari sumber makanan hingga kebutuhan air. Semakin banyaknya jumlah penduduk juga akan mendorong semakin banyaknya tempat tinggal yang harus dibangun. Proses pembangunan pun umumnya akan membuka lahan baru, sehingga fasilitas infrastruktur hijau akan semakin berkurang (Chen et al., 2022).

Semarang merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang menjadi pusat pemerintahan Provinsi Jawa Tengah. Kota ini juga dikenal dengan kawasan pesisir yang sibuk dengan aktivitas di pelabuhan yang

cukup ramai. Kawasan pesisir Semarang juga dimanfaatkan oleh banyak investor untuk mengembangkan industri, properti serta bangunan strategis yang memberikan beragam profit. Fenomena ini menyebabkan kondisi lingkungan hidup Kota Semarang menurun secara kualitas dan kuantitas (Astuti et al., 2022).

Data yang diperoleh dari IQAir menunjukkan bahwa indeks kualitas udara Kota Semarang berada pada angka 133, dimana konsentrasi PM<sub>2,5</sub> di Kota Semarang saat ini sudah mencapai 9,7 kali nilai panduan kualitas udara tahunan yang dianjurkan WHO. Sementara, menurut data target dan capaian indeks kualitas udara yang tertuang dalam dokumen RPJMD Kota Semarang tahun 2021-2026 menyatakan besaran indeks pada kisaran angka 95. Temuan ini tidak sesuai dengan data lapangan dari IQAir yang memperlihatkan indeks kualitas udara di Kota Semarang melebihi angka yang tertuang dalam dokumen pembangunan daerah (Pemerintah Kota Semarang, 2021b).

**Tabel 1. 5** Provinsi dengan Sumber Pencemar Sungai Tertinggi

Limbah Pabrik		Limbah Rumah Tangga		Limbah Lainnya	
Lokasi	Persentase	Lokasi	Persentase	Lokasi	Persentase
Jabar	13.3	Jateng	13.6	Kalbar	10.6
Jateng	12	Jabar	13.5	Jabar	10
Jatim	9.7	Jatim	10.7	Jateng	9.3
Kalteng	8.6	Sumsel	4.9	Jambi	8.8
Kalbar	7.5	Kalsel	4.7	Jatim	8

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2018

Tidak hanya itu, menurut data yang diolah dari Badan Pusat Statistik pada Tabel 1, diketahui bahwa Provinsi Jawa Tengah masuk dalam 5 provinsi penyumbang bahan pencemar sungai terbesar di Indonesia. Kondisi ini dukung oleh data RPJMD Kota Semarang 2021-2026 yang memaparkan bahwa beberapa DAS di kota ini berada pada kategori cemar berat menurut kelas sungai kelas 2 yang meliputi DAS Mangkang, DAS Semarang, DAS Banger, dan DAS Bringin (Pemerintah Kota Semarang, 2021b).

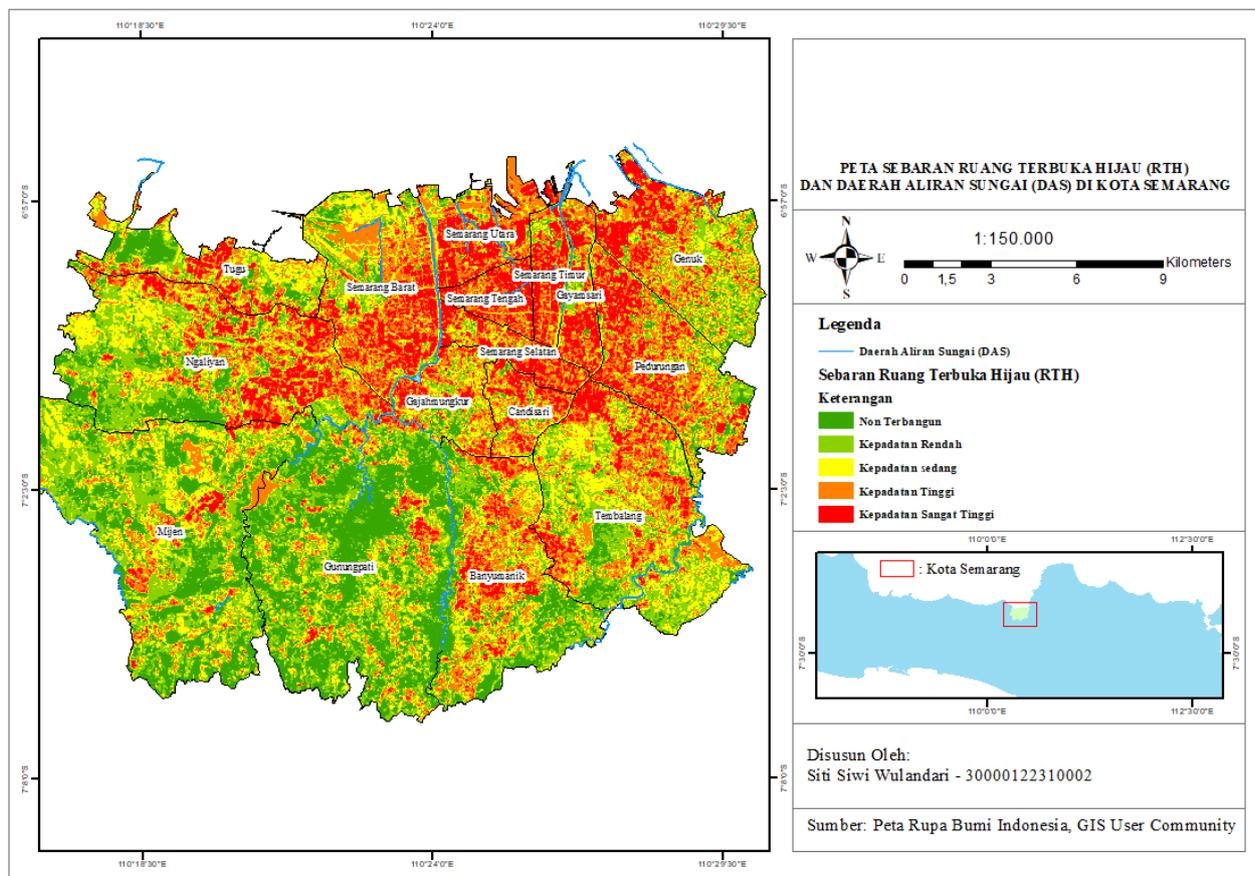
Beban pencemar yang semakin berat ditanggung oleh lingkungan dikhawatirkan akan menyebabkan jasa ekosistem akan menurun. Akses air bersih semakin sulit diperoleh ketika limbah industri dan aktivitas komersial lainnya dibuang ke sungai. Begitu pun dengan pembangunan properti yang semakin marak akan menyebabkan lahan sawah dan ladang akan semakin menyempit, sehingga ketersediaan pangan lokal akan terganggu (Jannah et al., 2020). Di satu sisi, penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor yang melebihi batas juga akan menimbulkan emisi ke udara yang akan menurunkan indeks kualitas udara.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis dampak sosial lingkungan yang timbul akibat adanya penurunan jasa ekosistem di Kota Semarang. Permasalahan diperoleh dari temuan data BPS, data dokumen pembangunan daerah dan sumber literatur yang memiliki benang merah dengan regulasi daerah yang berlaku. Kajian dampak juga dibahas berdasarkan penerapan program pembangunan yang sesuai dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (TPB). Pada bagian akhir dijabarkan beberapa solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi penurunan jasa ekosistem yang terdapat di wilayah perkotaan khususnya di Kota Semarang.

## 2. DATA DAN METODE

### 2.1. Lokasi dan Tujuan Penelitian

Lokasi penelitian kali ini berada di Kota Semarang, Jawa Tengah dengan berfokus pada program pembangunan daerah serta fenomena yang terjadi pada kota tersebut sehingga mengindikasikan terjadinya penurunan jasa ekosistem. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis dampak sosial lingkungan akibat penurunan jasa ekosistem yang dijumpai di Kota Semarang. Kajian fenomena akan disesuaikan dengan TPB 6 tentang pengelolaan air bersih dan sanitasi layak dan TPB 11 terkait kota dan pemukiman yang berkelanjutan yang berkaitan dengan pemenuhan RTH publik. Informasi terkait sebaran RTH publik dan DAS di Kota Semarang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Sebaran RTH, DAS dan Kawasan Lindung Kota Semarang

## 2.2. Metode dan Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan memperhatikan pendekatan fenomena yang terjadi pada program pembangunan daerah di Kota Semarang. Poin yang akan dikaji meliputi data pencemaran sungai dan pencemaran udara yang dikomparasikan dengan temuan ketersediaan air bersih dan air minum bagi masyarakat, indeks kualitas air (IKA), pemenuhan ruang terbuka hijau (RTH), serta indeks kualitas udara (IKU) sebagai bentuk *ecosystem services* yang dapat dinikmati masyarakat Kota Semarang. Konsep *payment for ecosystem services* juga dikaji untuk meminimalisir eksploitasi jasa ekosistem yang berlebihan. Data penelitian diperoleh dari kajian jurnal, dokumen daerah serta data statistik.

## 2.3. Metode Analisis

Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif berdasarkan temuan data dan fenomena yang ada di lapangan. Analisis diperkuat dengan kajian literatur yang berasal dari penelitian-penelitian terbaru. Selanjutnya temuan data, fenomena serta analisis literatur dikaitkan dan dibandingkan dengan regulasi daerah di Kota Semarang untuk mengetahui *point of view* dari permasalahan yang muncul terkait penurunan jasa ekosistem untuk dapat menentukan solusi terbaik dalam penyelesaiannya (Dwiputri et al., 2021).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pencemaran di Semarang

##### 3.1.1. Pencemaran Udara

Salah satu masalah utama yang dihadapi penduduk perkotaan adalah kualitas udara yang menurun akibat maraknya penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan. Konsumsi yang berlebihan, serta kesadaran masyarakat yang masih rendah dalam menggunakan kendaraan pribadi membuat pencemaran udara semakin buruk. Bahkan beberapa kota besar di Indonesia menunjukkan kualitas udara yang sudah melebihi ambang batas maksimum yang disarankan untuk tetap menjaga kesehatan warganya (ellenmacarthurfoundation.org) (Jeffries, 2021).

**Tabel 2.** Kualitas Udara Ambien Kota Semarang Tahun 2015-2019

Parameter	Kualitas Udara di Tepi Jalan Raya					Baku Mutu ( $\mu\text{g} / \text{Nm}^3$ )
	2015	2016	2017	2018	2019	
Rata-Rata $\text{PM}_{10}$	74	69	-	-	62	150
Rata-Rata CO	5890	3526	-	2338	3970	10.000
Rata-Rata $\text{SO}_2$	144	75	-	48	31	365
Rata-Rata $\text{NO}_2$	45	88	-	26	66	150
Rata-Rata HC	132	123	-	7	7	160

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021

Data pengukuran beberapa parameter kualitas udara oleh BPS pada Tabel 2 menunjukkan hasil yang berada di bawah baku mutu yang ditetapkan. Sementara itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Hazsya et al (2018), diketahui hasil pengukuran CO di Jalan Setiabudi Kota Semarang memiliki rata-rata 12.578,078. Hasil ini dirasa sudah cukup tinggi karena sudah melampaui NAB CO di udara menurut baku mutu yang tertera pada data BPS. Tingginya nilai pencemar udara ini salah satunya diakibatkan penggunaan kendaraan bermotor yang masih dominan di Kota Semarang. Selain itu, badan jalan yang sempit ditambah simpang jalan dengan lampu merah berpotensi menimbulkan penumpukan kendaraan dan akan meningkatkan kadar CO di udara (Warsiti, et al., 2020).

Namun, sampai sejauh ini regulasi penanganan yang dilakukan pemerintah masih seputar penguraian kemacetan dengan menambah akses jalan, baik jalan arteri, jalan tol maupun jalan kota. Kebijakan ini hanya akan menyelesaikan permasalahan kemacetan pada jangka pendek, karena dengan bertambahnya akses jalan masyarakat juga akan terdorong untuk terus menggunakan kendaraan pribadi. Keberjalanan program penguraian kemacetan pun baru mencapai angka 83,33% dari target 100%, sehingga target capaian dari kinerja pembangunan daerah terkait indikator tersebut belum tercapai (Pemerintah Kota Semarang, 2023). Seyogyanya pemerintah lebih memperhatikan pengurangan penggunaan kendaraan pribadi, karena tidak saja dapat mengurangi polusi udara, tetapi juga dapat mengurangi kemacetan tanpa harus mengeluarkan banyak dana untuk perbaikan maupun pembuatan jalan baru (Primastuti & Puspitasari, 2021).

##### 3.1.2. Pencemaran Air

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan kawasan strategis untuk membentuk kehidupan, bahkan hal ini sudah dimulai sejak peradaban awal berkembang. Sungai tidak saja menjanjikan air, tetapi banyak hal yang dapat dimanfaatkan di dalamnya. Hewan yang dapat dikonsumsi, aliran air untuk energi pembangkit listrik, air untuk irigasi, serta segudang manfaat lain yang dapat digunakan oleh manusia. Tak hanya itu, jasa ekosistem yang ditawarkan sungai masih begitu beragam (Jannah et al., 2020).

Pada laporan yang diperoleh dari RPJMD Kota Semarang Tahun 2021-2026, diketahui bahwa Sungai Garang merupakan salah satu sungai di Kota Semarang dengan nilai debit tertinggi yaitu 53% dibanding sungai lain di kota ini (Pemerintah Kota Semarang, 2021b). Hal ini tentunya perlu menjadi perhatian, sebab dengan tingginya debit pada aliran sungai ini, mengindikasikan semakin banyak pula manfaat lingkungan yang diperoleh dari Sungai Garang.

**Tabel 3.** Kualitas Air Sungai Garang Kota Semarang yang Digunakan Sebagai Air Baku Air Minum Tahun 2020

Parameter	Kualitas Air Sungai			Baku Mutu
	Min	Rata-Rata	Maks	
pH	7,87	8,22	8,55	6 – 9
TDS	58,1	175,18	266	1000 mg/L
TSS	6,3	64,27	170	50 mg/L
Suhu	22	28,32	31,4	Deviasi 3°C
DO	0,04	5,84	7,7	6 mg/L
BOD	2	7,87	29,3	2 mg/L
COD	6,5	20,72	29,3	10 mg/L
NO <sub>3</sub>	0,16	0,83	1,4	10 mg/L
NH <sub>3</sub>	0,02	0,17	0,64	0,5 mg/L
SO <sub>4</sub>	0	11,50	25,2	400 mg/L
<i>Fecal coli</i> (jml/1000 ml)	400	5.316,67	11.000	100 jml/100 ml
Total Coli (jml/1000 ml)	6.600	26.400	43.900	1000 jml / 100 ml

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021

Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Tahun 2020 menunjukkan rerata beberapa parameter kualitas air di Sungai Garang yang sudah melebihi NAB peruntukan air sebagai air baku air minum. Parameter tersebut antara lain TSS sebesar 64,27 mg/L, COD sebesar 20,72 mg/L, BOD 7,87 mg/L, *Fecal coli* 5.316,67 mg/L, serta Total Coli 26.400 mg/L. Akibat adanya pencemaran ini, ketersediaan jasa layanan oleh sungai semakin menurun. Tata kelola kota yang kurang matang, ditambah dengan pengelolaan lingkungan yang kurang baik menjadikan Sungai Garang sebagai wadah pembuangan berbagai jenis limbah, baik limbah rumah tangga, limbah kimia, bahkan limbah dari kegiatan industri (Jannah et al., 2020).

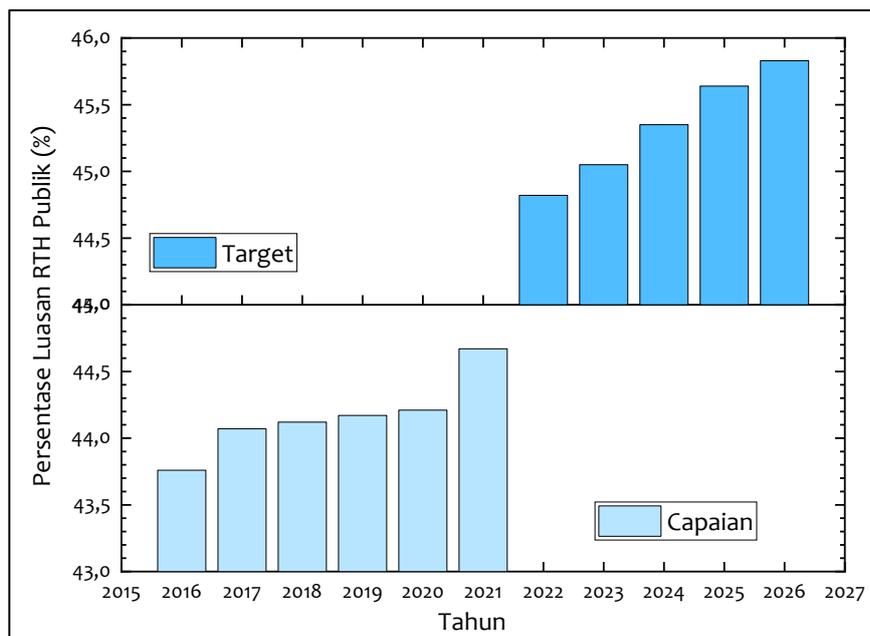
Menurut hasil tersebut, kondisi air di Sungai Garang sudah tidak layak dipergunakan sebagai air baku air minum, terutama karena parameter biologi memberikan hasil yang sudah melampaui batas, sehingga jika dipergunakan sebagai air minum dikhawatirkan akan mengganggu kesehatan warga sekitar. Aktivitas yang berkaitan dengan hygiene sanitasi juga akan terhambat, karena menurut NAB yang tertuang Permenkes 32/2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum, data kualitas Sungai Garang sudah tercemar *Fecal coli* dan Total coli yang cukup banyak. *Fecal coli* merupakan parameter wajib yang digunakan dalam peraturan ini untuk menentukan kualitas air bagi keperluan hygiene sanitasi (Kementerian Kesehatan RI, 2017).

### 3.2. Disrupsi Ecosystem Services

#### 3.2.1. Ruang Terbuka Hijau Sebagai Penyeimbang Kualitas Udara

Kajian Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang dilakukan Astuti et al (2022) menyebutkan bahwa wilayah perkotaan merupakan kawasan yang rawan akan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) akibat kerapatan bangunan serta pencemaran udara oleh partikel CO<sub>2</sub> di lingkungan. Pemenuhan RTH sesuai peraturan yang berlaku diharapkan dapat menurunkan partikel pencemar udara seperti CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, serta SO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, serta SO<sub>2</sub>.

Berdasarkan ketentuan pada RKPD Kota Semarang Tahun 2023, RTH menjadi salah satu kawasan peruntukan lindung dengan fungsi untuk melindungi kelestarian sumber daya alam, salah satunya melalui udara. Komponen RTH yang terdiri atas habitus tumbuhan berupa semak, terna atau tanaman penutup tanah berpotensi untuk menurunkan polutan udara, salah satunya adalah *Sanseveira* yang mampu mereduksi NO<sub>2</sub> di lingkungan (Kokoh et al., 2021).



Sumber: Pemerintah Kota Semarang, 2021a

**Gambar 2.** Capaian dan Target Persentase RTH Publik Kota Semarang

Upaya pemenuhan target RTH publik pada tahun 2024 sebesar 45,35% dapat dilihat berdasarkan sebaran RTH pada Gambar 1. Gunung Pati, Ngaliyan, dan Mijen menjadi kecamatan dengan rapat RTH yang cukup tinggi dibandingkan kecamatan lainnya. Namun, merujuk pada dokumen RPJMD Kota Semarang 2021-2026, pengembangan kawasan RTH dari tahun 2016 sebesar 43,76%, 2017 sebesar 44,07%, 2018 sebesar 44,12%, 2019 sebesar 44,17%, serta 2020 sebesar 44,21% belum mencapai target yang ditetapkan (Pemerintah Kota Semarang., 2021b).

Mahardika *et al* (2019) menyebutkan beberapa hal yang menjadi penghambat penyediaan RTH di Kota Semarang antara lain, keterbatasan lahan, RTH belum menjadi prioritas dalam pembangunan kota, alokasi pendanaan, serta kurangnya kesadaran masyarakat di wilayah Kota Semarang akan urgensi pemenuhan RTH. Padahal dalam penelitian Astuti *et al* (2022) menyebutkan kawasan dengan penyediaan RTH yang memadai dapat mengatasi fenomena *Urban Heat Island* (UHI) yang menimbulkan udara panas pada pusat wilayah akibat tidak adanya penyalur pencemar udara.

**Tabel 4.** Hasil Capaian dan Target Kinerja IKU Kota Semarang

Hasil Capaian		Target	
Tahun	Nilai	Tahun	Nilai
2016	61,72	2022	95,4
2017	62,9	2023	95,6
2018	74,27	2024	95,8
2019	85,5	2025	96
2020	95,2	2026	96,2
2021	95,2		

Sumber: Pemerintah Kota Semarang, 2021a

Luasan RTH memiliki korelasi terhadap nilai  $NO_2$  di udara. Penelitian Kokoh *et al* (2021) menjelaskan  $NO_2$  akan semakin kecil seiring peningkatan rasio RTH/Kendaraan menurut citra satelit. Kendaraan dimasukkan dalam rasio RTH/Kendaraan karena tergolong sumber bergerak yang memproduksi emisi  $NO_2$

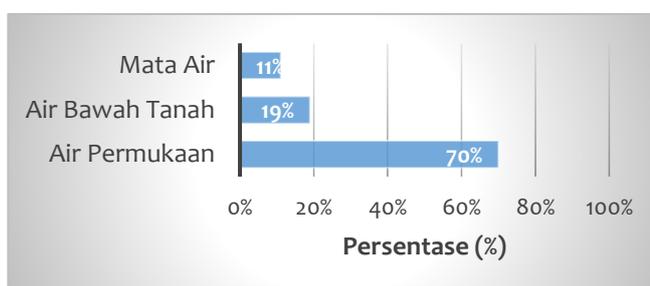
yang berpotensi mencemari udara. Pemerintah telah berupaya menanggulangi cemaran udara yang ada di Kota Semarang salah satunya melalui pemenuhan RTH seperti target pada Gambar 2. Upaya ini diharapkan dapat meningkatkan target indeks kualitas udara (IKU) sesuai Tabel 4. Namun, capaian IKU belum dapat mencapai indeks maksimal dikarenakan belum semua sumber pencemar bergerak (kendaraan) dan tidak bergerak (badan usaha) yang mentaati peraturan dalam pencegahan pencemaran udara sehingga pengendalian kualitas udara belum maksimal (Pemerintah Kota Semarang, 2021b).

Upaya pengurangan polusi udara di Kota Semarang dijelaskan dalam dokumen RPJMD Kota Semarang tahun 2021-2026. Upaya ini meliputi inisiasi program *green transportation*, peningkatan RTH publik melalui lahan RTH dan kawasan lindung yang disesuaikan dengan RTRW Kota Semarang Tahun 2011-2034, serta strategi pembangunan kota rendah karbon yang bekerja sama dengan Kota Tokoyama, Jepang (Pemerintah Kota Semarang, 2021b).

### 3.2.2. Sungai Sebagai Penyedia Air

Menurut paparan Jannah *et al* (2020), sungai merupakan salah satu jenis air permukaan yang menjadi sumber pasokan air baku untuk aktivitas domestik dan irigasi. Kota Semarang sendiri masih memanfaatkan air permukaan dengan persentase 70% dibandingkan dengan jenis sumber air lainnya (Gambar 3) dimana sungai menyumbang setidaknya 69% kebutuhan bahan baku untuk air minum masyarakat (Pemerintah Kota Semarang, 2021b).

Ketersediaan air menjadi salah satu jasa ekosistem yang penting dalam pengembangan area perkotaan. Pemenuhan jasa ini dipengaruhi oleh parameter seperti vegetasi alami, bentang alam serta tutupan lahan yang tergolong dalam kawasan lindung. Perencanaan pembangunan yang justru menitikberatkan pada alih fungsi kawasan lindung di atas akan menimbulkan penurunan daya dukung lingkungan dalam memenuhi kebutuhan air di masyarakat (Fahmi *et al.*, 2023).



Sumber: Pemerintah Kota Semarang, 2021b

**Gambar 3.** Persentase Pemanfaatan Sumber Air Baku Kota Semarang

Meskipun pemanfaatan air permukaan untuk pasokan air baku sudah cukup tinggi, tetapi data pada laporan RPJMD Kota Semarang 2021-2026 pada Gambar 4 menunjukkan bahwa akses pemenuhan air baku air minum yang aman dan berkelanjutan belum mencapai target pembangunan (2016-2020). Kendala pemenuhan akses air dipengaruhi oleh faktor bentang alam dan kegiatan antropogenik masyarakat perkotaan yang berimbas pada penurunan kualitas air permukaan (Kastanya & Matulesy, 2023). Hal ini terbukti dengan temuan kualitas Daerah aliran sungai (DAS) pada kawasan Semarang bagian utara berada pada kondisi cemar berat menurut kelas sungai kelas 2 berdasarkan PP 22/2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Pemerintah Kota Semarang, 2021b).



Sumber: Pemerintah Kota Semarang, 2021a

**Gambar 4.** Akses Terhadap Layanan Air Minum Aman dan Berkelanjutan di Kota Semarang

Adanya pencemaran sumber air menjadi salah satu kendala pemenuhan layanan air minum aman di Kota Semarang seperti yang tampak pada Gambar 4. Sejalan dengan hal tersebut indeks kualitas air (IKA) Kota Semarang pada Tabel 4 juga perlu ditingkatkan. IKA pada tahun 2017 sebesar 39 dan 2018 sebesar 31,01 sempat mengalami penurunan yang cukup signifikan dibandingkan IKA pada tahun 2016. IKA juga menurun pada tahun 2022 dengan nilai indeks 33,76 dibandingkan dengan IKA tahun 2020 sebesar 50. IKA yang belum optimal dapat menjadi masalah dalam pemenuhan air bersih dan air minum bagi masyarakat yang disebabkan maraknya pencemaran limbah pada DAS dan intrusi air laut pada wilayah pesisir (Pemerintah Kota Semarang, 2021b). Masih belum optimalnya layanan sanitasi aman dapat berpotensi menambah cemaran yang menurunkan daya dukung air. Sanitasi aman mengindikasikan adanya pengolahan limbah domestik dari kegiatan sanitasi yang sesuai prosedur sehingga pembuangan limbah terolah dapat meminimalisir pencemaran lingkungan.

**Tabel 5.** Hasil Capaian dan Target Kinerja IKA Kota Semarang

Hasil Capaian		Target	
Tahun	Nilai IKA	Tahun	Nilai IKA
2016	45,25	2022	33,76
2017	39	2023	52,43
2018	31,01	2024	52,53
2019	48,75	2025	52,63
2020	50,44	2026	52,73
2021	50		

Sumber: Pemerintah Kota Semarang, 2021a

Upaya preventif penurunan IKA dapat diimplementasikan dengan merealisasikan perluasan tutupan lahan baik dengan pembangunan taman kota maupun hutan kota sebagai bentuk ruang terbuka hijau (RTH). Optimalisasi IKA dapat dilakukan dengan memperketat dan menambah intensitas aktivitas monitoring kualitas air. Monitoring juga perlu diperhatikan pada lokasi pembuangan sampah, salah satunya TPA Jatibarang yang menghasilkan lindi dalam jumlah besar dengan tingkatan polutan COD, BOD, TSS, serta logam Cd yang tinggi (Nofiyanto et al., 2019).

### 3.3. Pembahasan

#### 3.3.1. Keterkaitan antara Pencemaran dan *Ecosystem Services*

Semarang merupakan kota besar yang ada di Jawa Tengah dengan kebutuhan kendaraan yang cukup tinggi dengan peningkatan setidaknya sebesar 12% setiap tahunnya dengan komposisi 1,6 juta sepeda motor dan 500 ribu kendaraan roda empat (Pemerintah Kota Semarang, 2022). Hazsya et al (2018) menyebutkan terjadi peningkatan gas CO akibat penggunaan kendaraan bermotor di Kota Semarang mulai tahun 2013 hingga 2017 dengan nilai 411  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 431  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 4709  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan 7589  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Menurut sumber yang sama, kendaraan bermotor menyumbang setidaknya 70-80% gas CO di udara dengan peningkatan hampir 4,6% saat kendaraan diam (kondisi macet) dan juga meningkat 0.6-4% ketika kendaraan mengalami percepatan dan perlambatan. Selain itu, kajian yang dilakukan Kokoh et al (2021) menjelaskan bahwa kendaraan bermotor juga berpeluang menyumbang gas  $\text{NO}_2$  di lingkungan.

Uraian tersebut menjabarkan adanya potensi peningkatan pencemaran udara yang diakibatkan penggunaan bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor. Namun, tidak saja dari faktor penyebab, pencemaran udara akan semakin buruk jika tidak dilakukan upaya preventif untuk mencegah perluasan dampaknya. Penelitian (Fahmi et al., 2023) Fahmi et al (2023) mengkaji adanya perubahan alih fungsi lahan di Bogor dari tahun 2016-2020 yang berpengaruh terhadap daya dukung air oleh lingkungan. Penurunan luasan lahan pertanian dan perkebunan serta banyaknya lahan terbuka menyebabkan penurunan manfaat jasa ekosistem dalam penyediaan dan pengaturan air di kota ini. Hampir serupa dengan temuan tersebut, hal yang sama juga terjadi pada Kota Semarang, dimana beberapa kecamatan di Kota Semarang belum memiliki persentase luasan RTH sebesar 30%. Kecamatan tersebut antara lain Semarang Tengah, Timur, Utara, dan Barat, Candisari, Gajahmungkur, Gayamsari, dan Pedurungan. Pencemaran udara tidak saja berdampak pada penurunan kualitas lingkungan secara umum, tetapi paparan debu dan emisi CO khususnya dapat berimplikasi pada penurunan fungsi organ pernapasan seperti paru-paru dan mempengaruhi peningkatan konsentrasi COHb dalam aliran darah dapat mengganggu kesehatan tubuh (Nurhidayanti et al., 2018).

Pada dokumen RKPD Kota Semarang Tahun 2024, pemerintah berupaya untuk mengurangi sumber pencemar udara dengan meminimalisir gas rumah kaca (GRK) melalui 4 sektor, diantaranya sektor energi (efisiensi energi dan penggunaan biogas), sektor transportasi (instrumen kontrol kemacetan dan peremajaan kendaran umum), sektor lahan dengan penanaman pohon, serta sektor pertanian dengan pemanfaatan pupuk organik. Program penurunan GRK pada sektor lahan dapat diimplementasikan melalui pembangunan RTH di kawasan Kota Semarang (Pemerintah Kota Semarang, 2023).

RTH tidak saja bermanfaat untuk menjaga kualitas udara, tetapi juga bermanfaat secara sosial bagi masyarakat. Beberapa manfaat sebagai tempat untuk berkumpul, melakukan olahraga publik seperti *jogging* atau senam, sarana rekreasi dan melepas penat (Supriyoko, 2019). Berdasarkan penelitian Mahardika et al (2019) RTH publik di Kota Semarang baru mencapai nilai 7,3% dari persentase 30% RTH Kota Semarang. Angka ini dirasa masih kurang untuk dapat menunjang manfaat sosial dari RTH itu sendiri.

Selain pencemaran udara, Kota Semarang juga mengalami pencemaran air yang cukup banyak. Pencemaran air mengacu pada kondisi penurunan kualitas lingkungan perairan akibat kontaminasi polutan yang melebihi baku mutu. Semakin tinggi nilai pencemaran, tentunya semakin sedikit manfaat lingkungan yang dapat dimanfaatkan masyarakat. Seperti dalam penelitian (Harahap et al., 2020) yang menyebutkan hasil analisis kualitas Sungai Banjir Kanal Timur (BKT) berada pada kelas sungai kelas 3 dengan peruntukan sebagai sumber pembudiyayaan ikan, peternakan, pengairan tanaman dan manfaat di bawahnya. Berdasarkan temuan ini, sungai BKT sudah tidak dapat lagi dimanfaatkan sebagai sumber air baku air minum ataupun peruntukan rekreasi air karena tingginya beberapa parameter seperti COD, BOD, Cu, dan Pb (Pemerintah Republik Indonesia, 2021).

Beban pencemar yang terus diterima oleh badan perairan tentu akan menimbulkan penurunan indeks kualitas air (IKA). Data yang diperoleh dari RKPD Kota Semarang Tahun 2024 menyebutkan terjadi penurunan kinerja dalam IKA Kota Semarang dari indeks 50 pada tahun 2021 menjadi 33,76 pada tahun 2022 (Pemerintah Kota Semarang, 2023). Faktor utama penyebab peningkatan pencemaran ini adalah belum

optimalnya pengelolaan limbah rumah tangga, sehingga menyebabkan buangan limbah masih mengandung nilai BOD, COD serta *Fecal coliform* yang melebihi baku mutu. Keberadaan *Fecal coliform* pada air mengindikasikan adanya kontaminasi yang berasal dari feses hewan dan manusia. Bakteri ini masuk dalam kelompok Total Coliform. Sementara itu, nilai untuk Total Coliform yang dianjurkan sebagai peruntukan air minum dan hygiene sanitasi sebesar 50 CFU/100mL (Kementerian Kesehatan RI, 2017).

Hal ini tentunya akan mengganggu proses penyediaan air bersih bagi masyarakat, terutama masyarakat dengan ekonomi menengah ke bawah (Pemerintah Kota Semarang, 2021b). Sementara ini, Kota Semarang masih mengandalkan penggunaan air permukaan dan air tanah dalam pemenuhan kebutuhan air bersih. Sebagai penunjang, kota ini juga memanfaatkan pasokan air dari pegunungan sekitarnya. Solusi ini dapat menyelesaikan masalah penyediaan air bersih dalam waktu singkat, namun tidak untuk jangka waktu yang lebih lama. Guna mengatasi fenomena tersebut, dalam dilakukan beberapa strategi penanganan seperti mulai melakukan normalisasi atau restorasi sungai berkelanjutan, pemanenan air hujan, serta remediasi pada kawasan sungai secara berkala untuk memastikan kualitas airnya berada pada ambang batas yang dapat ditolerir lingkungan (Rohmat et al., 2020).

### 3.3.2. Konsep *Payment for Ecosystem Services*

Penggunaan jasa layanan ekosistem atau *ecosystem services* terus menerus akan menurunkan tingkat efektivitas layanan. Selain memanfaatkan adanya *ecosystem services* dari lingkungan, manusia juga perlu melakukan konservasi untuk keberlangsungan *ecosystem services* sehingga dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam jangka waktu yang lama. Pembiayaan untuk memenuhi konservasi jasa lingkungan dapat diterapkan melalui adanya *payment for ecosystem services* (Bakri et al., 2018).

Konsep *payment for ecosystem services* merujuk pada pendekatan berbasis pasar dengan tujuan konservasi serta peningkatan taraf hidup. Poin pendekatan berbasis pasar menyatakan bahwa pembayaran jasa lingkungan dapat disepakati berdasarkan jenis layanan yang diterima oleh masyarakat, serta besarnya merupakan kesepakatan dua belah pihak. Pihak yang dimaksud adalah masyarakat pengguna jasa layanan ekosistem yang umumnya disebut masyarakat hilir, dan pihak kedua adalah penyedia jasa layanan yang disebut dengan masyarakat hulu (Sunaedi et al., 2019). Menurut arahan yang tercantum dalam Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, *payment for ecosystem services* merupakan salah satu jenis instrumen ekonomi lingkungan hidup yang berupa intensif ataupun jenis disintensif yang diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Instrumen untuk aturan *payment for ecosystem services* tergolong dalam instrumen pasar dengan upaya untuk melakukan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (Wahyudin & Mahipal, 2020).

Salah satu contoh *payment for ecosystem services* adalah aturan sistem intensif DAS seperti yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya. Masyarakat hulu identik mendapatkan *payment* berupa intensif dan kaidah memanfaatkan SDA sungai sesuai dengan aturan konservasi. *Payment* berupa jenis disintensif diberikan kepada masyarakat hilir-hulu, atau masyarakat yang memanfaatkan-menyediakan layanan DAS, dimana fungsi disintensif berupa kaidah degradasi lingkungan akibat pemanfaatan DAS. Hal ini bertujuan supaya masyarakat hulu maupun hilir sama-sama tereduksi untuk memanfaatkan DAS dengan sewajarnya (Jannah et al., 2020).

Sedikit berbeda dengan aturan pada Undang-Undang No. 32 Tahun 2009, jbaran yang ada dalam Undang Undang Nomor 37 Tahun 2014 menjelaskan bahwa *payment for ecosystem services* dapat dibayarkan dalam 2 jenis. Jenis pertama merujuk pada pembayaran jasa lingkungan yang dilakukan oleh pemerintah atau otoritas setempat, selama layanan publik ditujukan untuk kepentingan bersama. Sementara untuk jenis kedua ialah pembayaran secara mandiri oleh pihak/kelompok/perorangan yang memanfaatkan hasil dari konservasi tanah dan air (Bakri et al., 2018). Berdasarkan uraian tersebut, hubungan pemerintah dengan penyedia maupun pengguna jasa layanan ekosistem/lingkungan dapat dilihat pada Gambar 5.



Sumber: (Bakri et al., 2018)

**Gambar 5.** Hubungan antara Pemerintah, Penyedia Jasa, Pemanfaat Jasa serta Jasa Lingkungan

Pada Wilayah perkotaan, bentuk jasa layanan ekosistem telah banyak berkurang, selain karena penggunaan dalam jumlah yang besar, dampak dari pengurangan lahan hijau dan polusi yang marak juga menyebabkan masyarakatnya perlu memanfaatkan jasa lingkungan yang diberikan oleh penduduk daerah lain. Ketersediaan air bersih yang dapat diminum, buah, sayur, dan jenis bahan makanan lain, termasuk sarana rekreasi, kebanyakan diperoleh masyarakat kota dari wilayah lain. Sebagai kompensasi atas pemanfaatan beragam jenis jasa ekosistem ini, penduduk kota diharuskan memberikan *payment* terhadap *ecosystem service* dengan tujuan untuk perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup jasa ekosistem berasal (Bakri et al., 2018).

#### 4. KESIMPULAN

Pencemaran air dan udara yang terjadi di Kota Semarang memberikan implikasi pada pemenuhan jasa ekosistem yang berkaitan dengan kualitas udara dan pemenuhan air bersih serta air minum bagi masyarakat. Dampak lingkungan yang dapat dirasakan antara lain penurunan kualitas sungai yang tidak lagi dapat dimanfaatkan sebagai sumber baku air minum dan sanitasi, penurunan kualitas udara yang berpotensi mengganggu kesehatan, serta potensi *urban heat island* (UHI) akibat kurangnya sebaran RTH diantara kerapatan bangunan. Sementara dampak sosial yang dapat dirasakan antara lain terjadi ketimpangan dalam pemenuhan air bersih serta ketidaknyamanan kawasan akibat pencemaran udara. Penelitian skala lapangan perlu dilakukan untuk membuktikan hasil komparasi data pada dokumen daerah dengan studi literatur guna mengetahui indeks jasa ekosistem di Kota Semarang. Indeks ini bermanfaat untuk menjadi dasar klasifikasi jasa ekosistem berdasarkan daya dukung lingkungan yang ada di Kota Semarang.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang memberikan dukungan finansial secara penuh dengan nomor kontrak *Letter of Guarantee* (LoG) LOG-17998/LPDP.3/2024 sehingga mendorong terbitnya karya tulis ilmiah ini.

#### 6. REFERENSI

- Astuti, W., Putri, B. L. R., Anwar, K., Yanti, N., & Pambudi, P. (2022). Estimasi Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berdasarkan Urban Heat Island (UHI) di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 16(2), 97–100. <https://doi.org/10.35475/ripteck.v16i2.168>.
- Bakri, S., Setiawan, A., & Nurhaida, I. (2018). Hutan : Jasa Lingkungan Hutan : Kontribusi Produk Ekonomi-Ekologis bagi Pembangunan Berkelanjutan, 1-20, (Anugrah Utama Raharja (ed.)).
- Badan Pusat Statistik. (2018). Statistik Provinsi dengan Sumber Pencemar Sungai Tertinggi (p. 1) Tahun 2016-2017. Jakarta.

- Badan Pusat Statistik. (2021). Kualitas Air Sungai Garang Kota Semarang yang Digunakan Sebagai Air Baku Air Minum Tahun 2020 dan Kualitas Udara Ambien Kota Semarang Tahun 2015-2019.
- Chen, Y., Ge, Y., Yang, G., Wu, Z., Du, Y., Mao, F., Liu, S., Xu, R., Qu, Z., Xu, B., & Chang, J. (2022). Inequalities of Urban Green Space Area and Ecosystem Services Along Urban Center-Edge Gradients. *Landscape and Urban Planning*, 217(October 2021), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104266>.
- Chintantya, D., & Maryono. (2017). Peranan Jasa Ekosistem dalam Perencanaan Kebijakan Publik di Perkotaan. *Proceeding Biology Education Conference*, 14(1), 144–147.
- Dwiputri, M., Saputra, I., Alimah, I., & Hamdani, N. (2021). Kajian Kompatibility Green Transportation untuk Kota Bogor. *RUSTIC Jurnal Arsitektur*, 1(1), 22–32.
- Fahmi, N., Tjahjono, B., & Rusdiana, O. (2023). Dampak Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Daya Dukung Air (Studi Kasus di Kota Bogor dan Kabupaten Bogor). *Globè*, 25(2), 121–130.
- Harahap, M. K. A., Rudiyantri, S., & Widyorini, N. (2020). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Konsentrasi Logam Berat dan Indeks Pencemaran di Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2), 108–115. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pasirlaut>.
- Hazsya, M., Nurjazuli, N., & Dangiran, H. L. (2018). Hubungan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Faktor-Faktor Risiko dengan Konsentrasi COHb dalam Darah pada Masyarakat Beresiko di Sepanjang Jalan Setiabudi Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 241-250.
- Jannah, M., Kurniawan, A., & Pangaribowo, E. H. (2020). Jasa Ekosistem dalam Perspektif Masyarakat Perkotaan di Sungai Code. In *Majalah Geografi Indonesia* (Vol. 34, Issue 2, pp. 140–149). <https://doi.org/10.22146/mgi.42479>.
- Jeffries, N. (2021). Building Lighthouses. Ellen MacArthur Foundation (Ed May 25, 2021). <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/building-lighthouses>.
- Kastanya, P. J., & Matulesy, D. N. (2023). Analisis Jasa Lingkungan Penyedia Air di Kecamatan Tobelo Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil :Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan Dan Pertanian*, 7(1), 22–32.
- Kementerian Kesehatan RI. (2017). Peraturan Menteri 2017 Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 1–20.
- Kokoh, R., Putro, H., Amalia, A., & Hendrasarie, N. (2021). Pengaruh Luas Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penurunan No2 Berdasarkan Nilai Total Kolom Citra Satelit Gome 2 Metop-B. *Jurnal Envirotek Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 13(2), 108–113.
- Mahardika, A., Juliani, H., & Sa’adah, N. (2019). Tinjauan Terhadap Pelaksanaan Penyediaan Lahan Terbuka Hijau Kota Semarang Menurut Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 14 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011– 2031. *Diponegoro Law Journal*, 8(1), 107–120.
- Nofiyanto, E., Soeprbowati, T. R., & Izzati, M. (2019). Fikoremediasi Kualitas Lindi TPA Jatibarang Terhadap Efektifitas Lemna minor dan Ipomoea aquatica. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 107–112. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.107-112>.
- Nurhidayanti, N., Nurjazuli, & Joko, T. (2018). Hubungan Paparan Debu dengan Kapasitas Fungsi Paru pada Masyarakat Berisiko di Jalan Siliwangi – Walisongo Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan (e-Journal)*, 6(6), 251–258.
- Pemerintah Kota Semarang. (2021a). Peraturan Daerah Kota Semarang No.5 Tahun 2021 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 14 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang Tahun 2011-2031, 6, 1-148.
- Pemerintah Kota Semarang. (2021b). Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Tahun 2021-2026, 6, 1–524.
- Pemerintah Kota Semarang. (2022). Peraturan Wali Kota Semarang Nomor 44 Tahun 2022 Tentang Rencana Kerja Pemerintah Daerah Kota Semarang Tahun 2023., 1–525.
- Pemerintah Kota Semarang. (2023). Peraturan Wali Kota Semarang Nomor 43 Tahun 2023 Tentang Rencana Kerja Pemerintah Daerah (RKPD) Kota Semarang Tahun 2024, 1–582.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup; Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional. Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1(078487A), 483.
- Primastuti, N. A., & Puspitasari, A. Y. (2021). Studi Literature : Penerapan Green Transportation Untuk Mewujudkan Kota Hijau dan Berkelanjutan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 62–77.
- Rohmat, D., Setiawan, I., & Affriani, A. R. (2020). Zonasi Karakteristik Pencemaran untuk Penyusunan Strategi dan Pola Aksi Penanganan Sungai Menuju Citarum Harum (Pemetaan Dengan Citra Tegak Resolusi Tinggi). *Jurnal Geografi*

*Gea*, 20(1), 16–25. <https://doi.org/10.17509/gea.v20i1.21719>.

Sunaedi, n., hadi, s. P., & bambang, a. N. (2019). Community-based environmental management through the payments for environmental services program in cidanau watershed, banten province, indonesia. *Iop conference series: earth and environmental science*, 338(012002), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/338/1/012002>.

Supriyoko, A. (2019). CFD (Car Free Day) dan RTH (Ruang Terbuka Hijau) Sebagai Solusi Bugar Generasi Millennial Perkotaan. *Proceedings of the National Seminar on Women's Gait in Sports towards a Healthy Lifestyle, April*, 1–6.

Wahyudin, Y., & Mahipal. (2020). Lesson Learned on coral Reef Ecosystem Services Valuation Damage due to Vessel Grounded in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 414(012030), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/414/1/012030>.

Warsiti, W., Risman, R., & Ristiawan, A. (2020). Kajian Kualitas Ambien Udara di Kota Semarang (Studi Kasus: Jalan Setiabudi Dan Jalan Anton Sujarwo). *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 25(2), 148-157.

Yu, P., Zhang, S., Yung, E. H. K., Chan, E. H. W., Luan, B., & Chen, Y. (2023). On the Urban Compactness to Ecosystem Services in a Rapidly Urbanising Metropolitan Area: Highlighting Scale Effects and Spatial Non-Stationary. *Environmental Impact Assessment Review*, 98(August 2022), 106975. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106975>.