



Kalkulasi Sisa Emisi CO₂ UIN Walisongo Semarang Sebagai Landasan Mewujudkan Pengurangan Carbon Footprint Kampus Berkelanjutan

Noor Amalia Chusna*, Nibras Cahya Dirgantara

UIN Walisongo Semarang, Indonesia

Email: chusna.amalia95@walisongo.ac.id*

ABSTRAK

Penurunan emisi karbon dioksida (CO₂) di lingkungan UIN Walisongo Semarang menjadi langkah strategis dalam mewujudkan kampus berkelanjutan. Penelitian ini mengkaji kalkulasi sisa emisi CO₂ sebagai landasan pengurangan carbon footprint di kampus UIN Walisongo Semarang, dengan fokus pada peran ruang terbuka hijau (RTH) dalam menyerap karbon. Penelitian ini menggabungkan analisis emisi CO₂ dari kendaraan bermotor, penggunaan energi, dan bangunan gedung, serta peran RTH dalam menyimpan karbon melalui fotosintesis dan evapotranspirasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun 82% dari total area kampus merupakan RTH, emisi CO₂ di lingkungan kampus masih tinggi, dengan peningkatan carbon footprint sebesar 5,3% pada periode 2020–2021. Kalkulasi sisa emisi CO₂ menunjukkan potensi besar RTH dalam mengurangi jejak karbon, namun masih diperlukan upaya maksimal dalam pengelolaan emisi untuk mencapai kampus yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini memberikan rekomendasi pengelolaan RTH sebagai solusi mitigasi perubahan iklim di universitas.

Kata kunci: Emisi CO₂, Carbon Footprint, Ruang Terbuka Hijau (RTH).

Keywords:

Carbon Footprint, CO₂
Emissions, Open
Spaces

ABSTRACT

The reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions at UIN Walisongo Semarang is a strategic step toward achieving a sustainable campus. This study examines the calculation of residual CO₂ emissions as a foundation for reducing the carbon footprint at UIN Walisongo Semarang, with a focus on the role of green open spaces in carbon sequestration. The research combines an analysis of CO₂ emissions from motor vehicles, energy consumption, and building operations, as well as the role of open spaces in carbon storage through photosynthesis and evapotranspiration. The analysis results show that although 82% of the campus area is dedicated to open spaces, CO₂ emissions remain high, with a 5.3% increase in the carbon footprint from 2020 to 2021. The calculation of residual CO₂ emissions reveals the significant potential of open spaces in reducing the carbon footprint; however, additional efforts are needed to manage emissions effectively in order to achieve a more environmentally friendly campus. This study provides recommendations for managing open spaces as a climate change mitigation solution at the university.

Keywords: Carbon Footprint, CO₂ Emissions, Open Spaces

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

PENDAHULUAN

Ruang terbuka hijau (RTH) memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan dan ketahanan lingkungan dengan berfungsi sebagai area penataan yang mampu menangkap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer (Puspitasari, 2017). RTH secara langsung berperan dalam menyimpan karbon yang membantu menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) (Beatley et al., 2012; Nowak et al., 2013; Hsieh et al., 2018). Emisi GRK sendiri adalah akumulasi pencemar udara di atmosfer yang mencakup gas metana (CH₄), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dinitrogen oksida (N₂O), nitrogen oksida (NO_x), sulfurheksafluorida (SF₆), dan klorofluorokarbon (CFC). Berdasarkan data dari Badan Pengkajian Kebijakan Iklim, diketahui bahwa CO₂ berkontribusi sekitar 75% terhadap total emisi GRK, menjadikannya penyumbang utama pemanasan global. Selain itu, RTH berfungsi sebagai infrastruktur hijau yang berpotensi mengatasi tantangan perubahan iklim (Galan, 2015).

Keberadaan RTH dalam berbagai bentuk seperti taman, kebun, jalur hijau, dan area publik yang dihiasi dengan tanaman seperti pohon, perdu, dan rerumputan, dapat memberikan manfaat ekologis, estetika, dan rekreasi. RTH juga memperbaiki kualitas udara dengan mengikat emisi GRK melalui proses fotosintesis dan evapotranspirasi oleh tanaman (Reyes-Riveros et al., 2021; Feltynowski et al., 2018; Proietti et al., 2019). Emisi CO₂ sebagai penyebab utama pemanasan global menimbulkan ancaman terhadap lingkungan dan

menuntut adanya tindakan mitigasi perubahan iklim yang berfokus pada pengurangan emisi GRK (Park et al., 2021). Perjanjian Iklim Paris, sebagai kerangka global, mengamanatkan upaya penurunan emisi untuk menjaga kenaikan suhu rata-rata global di bawah 1,5 °C, menyoroti pentingnya perencanaan dan pengelolaan GRK yang berkelanjutan (IPCC, 2018).

Mitigasi emisi dapat dicapai dengan meningkatkan simpanan karbon melalui penyerapan CO₂ oleh vegetasi dan tanah. Desain RTH yang dilengkapi dengan berbagai jenis tanaman terbukti mampu menurunkan suhu harian dan meningkatkan daya serap karbon, terutama pada tanah yang kaya mineral kalsium yang dapat menyerap hingga 300 metrik ton per hektar (Jim, 2019). Langkah-langkah ini, jika digabungkan dengan penggunaan energi ramah lingkungan dan pengurangan bahan bakar fosil, dapat mempercepat proses pengurangan GRK (Jo et al., 2019). Di lingkungan perguruan tinggi, RTH tidak hanya berfungsi ekologis tetapi juga mendukung pembangunan berkelanjutan (SDGs), sekaligus meningkatkan kualitas hidup kampus dengan menyediakan area publik yang kondusif bagi kesehatan fisik dan mental mahasiswa serta staf (Song et al., 2021; Hamaideh, 2011; Suciyani, 2018).

UIN Walisongo Semarang, dengan luas total area sebesar 30,58 hektar, memiliki sekitar 74,5% area yang berupa RTH. Namun, proporsi tersebut belum cukup untuk mengurangi emisi GRK di lingkungan kampus secara optimal. Berdasarkan data Carbon Footprint pada tahun 2020 hingga 2021, terdapat peningkatan emisi GRK sebesar 5,3%, yang disebabkan terutama oleh penggunaan bahan bakar fosil dan aktivitas di gedung-gedung kampus. Pada tahun 2022, jejak karbon kampus mencapai 1.119,8 metrik ton, yang menunjukkan masih tingginya emisi GRK di kampus UIN Walisongo.

METODE PENELITIAN

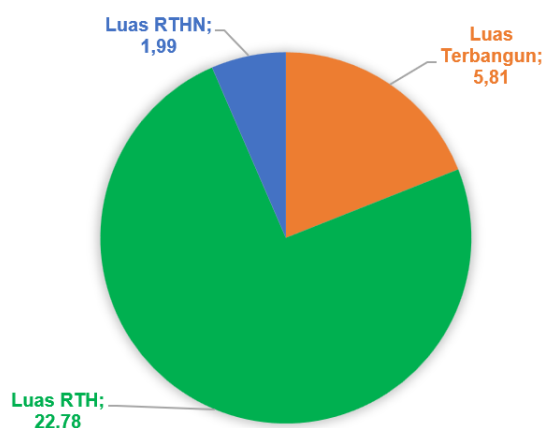
Penelitian ini menggunakan dua metode utama untuk menghitung luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) di lingkungan UIN Walisongo Semarang, yaitu pengukuran langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan dengan observasi lapangan, sedangkan pengukuran tidak langsung menggunakan citra satelit dari Google Earth (<https://earth.google.com/web/>) untuk area yang sulit dijangkau. Objek pengukuran meliputi RTH dan Ruang Terbuka Non-Hijau (RTNH), termasuk taman kampus, taman jalan, dan area publik lainnya. Data luas ini digunakan untuk menghitung Koefisien Daerah Hijau (KDH) sebagai indikator kualitas lingkungan kampus.

Pengumpulan data dilakukan di tiga lokasi utama kampus, yaitu gerbang kampus 1, kampus 2, dan kampus 3. Observasi kendaraan bermotor dilakukan selama lima hari, dari tanggal 10 hingga 14 Juni 2024, setiap hari mulai pukul 06.00 hingga 18.00 WIB. Sementara itu, kegiatan inventarisasi vegetasi dan pengukuran RTH berlangsung selama sembilan hari, dari 19 hingga 27 Juli 2024. Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung, pengukuran vegetasi (jumlah pohon, diameter batang, luas tutupan), dan pencatatan kondisi RTH. Sedangkan data sekunder diperoleh dari jurnal, situs web, dan buku literatur terkait RTH.

Analisis data dilakukan dalam dua tahap, yaitu perhitungan beban emisi CO₂ dan daya serap karbon. Perhitungan emisi CO₂ primer menggunakan pendekatan IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) dengan rumus: $Q = N_i \times F_{ei} \times K_i \times L$, untuk menghitung emisi dari kendaraan dan aktivitas bangunan. Selanjutnya, daya serap karbon vegetasi dihitung berdasarkan luas area dan konstanta simpanan karbon, dengan rumus: $Biomassa = Luas\ Area \times Konstanta\ Simpanan\ Karbon$, dan $Simpanan\ Karbon = Biomassa \times (44/12)$. Evaluasi akhir dilakukan dengan membandingkan jumlah total emisi CO₂ dan kapasitas daya serap vegetasi ($\sum DS$), sehingga diperoleh persentase kemampuan daya serap karbon dengan rumus: $\% \sum DS = (\sum DS / \sum CO_2) \times 100\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

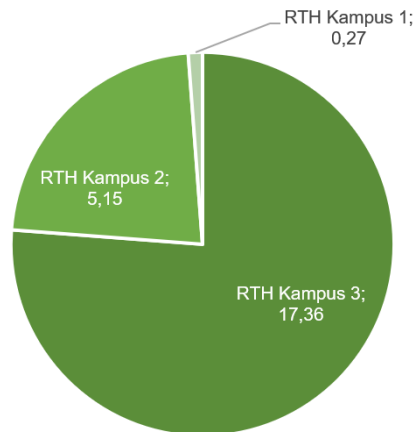
Luas RTH UIN Walisongo Semarang



Gambar 1. Klasifikasi Penggunaan Lahan UIN Walisongo

Gambar 1. menunjukkan klasifikasi penggunaan lahan UIN Walisongo Semarang yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Penggunaan lahan terbangun di UIN Walisongo Semarang, total penggunaan lahan mencapai 5,81 ha dari luas lahan 30,58 ha. Artinya penggunaan lahan terbangun sebesar 18,98% dari luas lahan. Telah kami identifikasi bangunan yang terdapat di kampus 1 terdiri dari: poliklinik, gedung kopertais, aula 1, laboratorium anatomi, wisma, rumah dinas rektor, gedung pascasarjana, RA Al-Hidayah, dan masjid kampus 1. Selanjutnya bangunan di Kampus 2 dan 3 meliputi: gedung rektorat, gedung dekanat dan perkuliahan FITK, gedung dekanat dan perkuliahan FUHUM, gedung dekanat dan perkuliahan FDK, gedung dekanat dan perkuliahan FSH, gedung dekanat dan perkuliahan FISIP, gedung dekanat dan perkuliahan FPK, gedung dekanat dan perkuliahan FEBI, gedung dekanat dan perkuliahan FST, laboratorium terpadu, gedung *microteaching*, ma'had, masjid kampus 2, kantin kampus 2, tempat pengolahan sampah terpadu (TPST), kantor Pusat Pengembangan Bahasa (PPB), ICT *center*, aula, gedung parkir, walisongo *center*, American *corner*, planetarium, gedung pusat kegiatan mahasiswa (PKM), kantin kampus 3, masjid kampus 3, gedung serba guna (GSG).

Hasil perhitungan lahan ruang terbuka non hijau (RTNH) di UIN Walisongo Semarang mencapai 6,5%. RTNH berupa lahan yang diperkeras yang tidak dapat ditumbuhi tanaman. Penggunaan lahan untuk RTNH sebesar 1,99 ha dari luas lahan total 30,58 ha yang digunakan untuk, antara lain: tempat parkir, lapangan basket, lapangan voli, lapangan tenis. Berdasarkan hasil pengumpulan data yang dilakukan menyatakan ruang terbuka hijau (RTH) UIN Walisongo Semarang sebesar 22,78 ha dari luas lahan total 30,58 ha. Artinya sebanyak 74,5% lahan di lingkungan UIN Walisongo berupa RTH. Pengukuran RTH dilakukan secara menyeluruh pada kampus 1, kampus 2 dan 3 UIN Walisongo Semarang. Mengisi RTH dengan berbagai jenis tanaman sebagai bagian ekologi lingkungan yang berupaya menjadi media penyelarasan dan penyeimbang kepadatan bangunan (Hamidah & Santoso, 2022). Berdasarkan PP No. 26 Tahun 2007 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional mengamanatkan bahwa kebutuhan akan terlayannya hak-hak bagi manusia untuk mendapatkan lingkungan yang aman, nyaman, indah, dan lestari.



Gambar 2. Luas Ruang Terbuka Hijau

Berdasarkan hasil observasi, pada tahun 2021-2022 kampus melakukan ekspansi terhadap perluasan lahan kampus 3 UIN Walisongo Semarang. Hal tersebut mempengaruhi besar luas RTH. Tercatat luas RTH total sebesar 22,78 hektar, luas RTH pada tiap kampus ditunjukkan melalui gambar diatas. Dari **Gambar 2.** terlihat pada kampus 1 memiliki luas RTH sebesar 0,27 hektar atau 2.722 m². Kampus 2 memiliki luas RTH sebesar 5,15 hektar atau 51.498 m². Selanjutnya pada kampus 3 memiliki luas yaitu sebesar 17,36 hektar atau 173.593 m².

Koefisien Daerah Hijau (KDH) merupakan persentase perbandingan antara luas seluruh ruang terbuka di bangunan baik ruang terbuka hijau dan ruang terbuka non hijau dalam batas minimum sebesar 10-50% dari luasan keseluruhan lahan terbangun. Berdasarkan perhitungan KDH UIN Walisongo didapatkan persentase sebesar 81%.

Simpanan Karbon di RTH

RTH sebagai infrastruktur hijau yang berisikan vegetasi berupa pohon, Semak, rerumputan, atau tanaman lainnya. Vegetasi berperan penting dalam menyerap emisi gas rumah kaca dan menjaga kualitas udara disekitar tempat tumbuhnya. Berikut merupakan data daya serap CO₂ berdasarkan vegetasi.

Tabel 1. Daya Serap CO₂ Berdasarkan Jenis Vegetasi

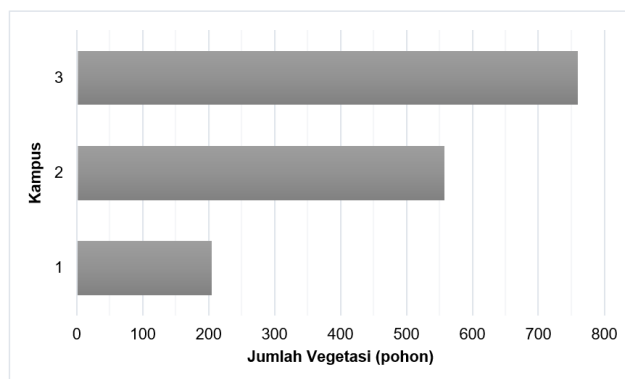
Jenis Vegetasi	Daya Serap CO ₂	
	Kg/ha/jam	ton/ha/tahun
Pohon	129,92	569,07
Semak	12,56	55
Padang Rumput	2,74	12
Sawah	2,74	12

Sumber: Andriono et al., (2013).

Luas RTH UIN Walisongo Semarang ialah 22,78 hektar. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan RTH berisi pohon, tanaman dan padang rumput. Sehingga kemampuan simpanan karbon di RTH UIN Walisongo sebanyak 273,36 ton/tahun.

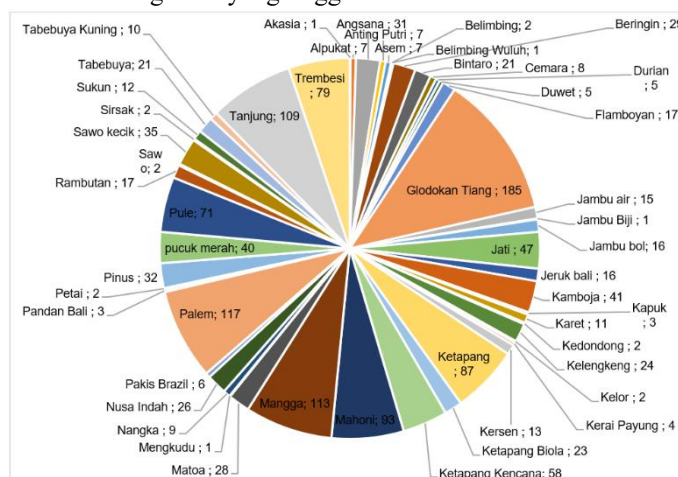
Simpanan Karbon Vegetasi di RTH

Hasil inventarisasi vegetasi yang terdapat di Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan Ruang Terbuka Non Hijau (RTNH) menunjukkan sebanyak 52 jenis vegetasi atas dengan jumlah keseluruhan 1.517 individu pohon yang tersebar di kampus 1, Kampus 2 dan 3 UIN Walisongo Semarang. Kampus 3 UIN Walisongo memiliki jumlah pohon terbanyak yakni 757 individu, kampus 2 memiliki sebanyak 556 individu, dan pohon yang tumbuh di kampus 1 sebanyak 204 pohon.



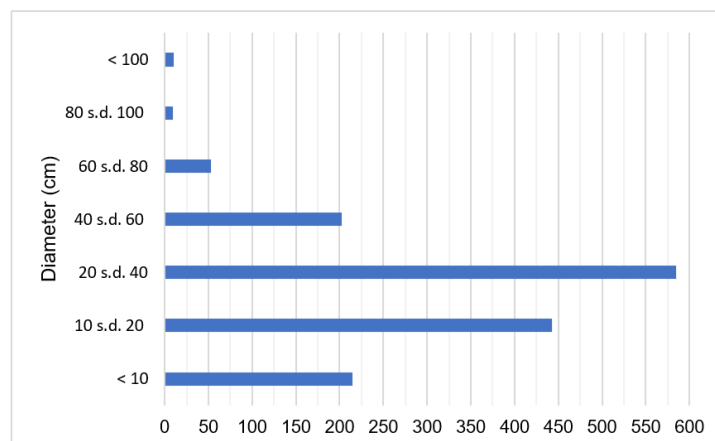
Gambar 3. Jumlah Pohon di UIN Walisongo Semarang

Berdasarkan hasil inventarisasi vegetasi secara menyeluruh yaitu pada RTH dan RTNH. Vegetasi yang terdapat di taman, median jalan, jalur hijau jalan, tempat parkir, sekeliling lapangan. Berdasarkan perhitungan Indeks Shannon Wiener didapatkan hasil Indeks Keanekaragaman Jenis (H') dengan nilai 3,30 yang artinya UIN Walisongo memiliki keanekaragaman yang tinggi.



Gambar 4. Jenis dan Jumlah Pohon di UIN Walisongo

Pada **Gambar 4.** diatas menunjukkan jenis dan jumlah pohon yang ditanam di seluruh kampus UIN Walisongo Semarang. Terdapat lima jenis pohon terbanyak yang ditanam, antara lain: Glodokan tiang dengan jumlah 185 individu, Palem raja sebanyak 117 individu, Mangga sebanyak 113 individu, Tanjung sebanyak 109 individu, dan Mahoni sebanyak 93 individu yang tersebar di kampus 1, kampus 2 dan 3 UIN Walisongo Semarang. Kemampuan pohon dalam menyerap CO_2 berbeda setiap jenisnya, hal tersebut dipengaruhi oleh diameter pohon yang menentukan biomassa yang terakumulasi. Diameter pohon merupakan parameter untuk mengukur simpanan karbon, hal tersebut disebabkan usia pohon mempengaruhi kandungan bahan organik yang terdapat di dalam pohon (Ratnaningsih & Suhesti, 2010). Semakin besar nilai diameter pohon mengindikasikan usia pohon yang sudah tua dan memiliki kemampuan besar dalam menyimpan karbon. Simpanan karbon didapatkan dari perhitungan biomassa pohon. Menurut petunjuk teknis Standarisasi Nasional Indonesia, karbon yang tersimpan pada tumbuhan sebesar 47% dari total biomassa. Data diameter pohon UIN Walisongo Semarang tersaji dalam gambar di bawah ini:



Gambar 5. Diameter Pohon UIN Walisongo Semarang

Pada gambar diatas terdapat tujuh kriteria diameter, disetiap kriteria diameter memiliki nilai biomassa yang berbeda. Pohon yang memiliki ukuran < 10 cm sebanyak 215 individu, diameter 10-20 cm terdapat 443 individu, diameter 20-40 cm sebanyak 585 individu, diameter 40-60 cm sebanyak 202 individu, diameter 60-80 cm sebanyak 53 individu, dan diameter 80-100 cm terdapat 9 individu, serta ditemukan diameter pohon < 100 cm sebanyak 10 individu.

Melihat Penelitian yang dilakukan oleh Marisha (2018), menunjukkan bahwa semakin besar diameter suatu pohon maka berbanding lurus terhadap banyaknya kemampuan simpanan karbon yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Biomassa dan Simpanan Karbon berdasarkan Dimater Pohon

Diameter (cm)	Biomassa (kg/pohon)	Simpanan Karbon (kg/pohon)
<10	9,00	4,14
10-20	78,86	36,28
20-40	341,74	157,20
40-60	1.803,28	829,51
60-80	4.250,40	1.955,19
80-100	8.017,04	3.687,84

Sumber: Marisha (2018).

Simpanan karbon dipengaruhi oleh biomassa dan jenis pohon. Sehingga, setiap pohon memiliki kemampuan daya sersap yang berbeda-beda. Daya serap CO₂ vegetasi atas/pohon yang terdapat pada Kampus 1, Kampus 2 dan 3 UIN Walisongo Semarang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Daya Serap dan Jumlah Vegetasi Atas

No.	Nama Pohon	Nama Latin	Daya Serap CO ₂ (kg/tahun)	Jumlah	Total Daya Serap (kg/pohon/tahun)
1	Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68	1	48,68
2	Alpukat	<i>Persea americana</i>	604,8	7	4233,6
3	Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12	31	344,72
4	Anting Putri	<i>Wrightia religiosa</i>	0,87	7	6,09
5	Asem	<i>Tamarindus indica</i>	8,48	7	59,36
6	Belimbing	<i>Averrhoa carambola</i>	55,45	2	110,9
7	Belimbing Wuluh	<i>Averrhoa bilimbi</i>	55,45	1	55,45
8	Beringin	<i>Ficus benamina</i>	539,9	29	15657,1
9	Bintaro	<i>Cerbera manghas</i>	424,42	21	8912,82
10	Cemara	<i>Casuarina equisetifolia</i>	197,1	8	1576,8
11	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	144,76	5	723,8
12	Duwet	<i>Syzygium cumini</i>	75,29	5	376,45
13	Flamboyan	<i>Delonix regia</i>	42,2	17	717,4

No.	Nama Pohon	Nama Latin	Daya Serap CO ₂ (kg/tahun)	Jumlah	Total Daya Serap (kg/pohon/tahun)
14	Glodokan Tiang	<i>Polyalthia longifolia</i> Sonn.	96,36	185	17826,6
15	Jambu Air	<i>Syzygium aqueum</i> L.	155,5	15	2332,5
16	Jambu Biji	<i>Psidium guajava</i> L.	250	1	250
17	Jambu Bol	<i>Syzygium malaccense</i>	329,76	16	5276,16
18	Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27	47	6357,69
19	Jeruk bali	<i>Citrus maxima</i>	0,87	16	13,92
20	Kamboja	<i>Plumeria acuminata</i>	55,25	41	2265,25
21	Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>	10,56	3	31,68
22	Karet Kebo	<i>Ficus elastica</i> L.	19,25	11	211,75
23	Kedondong	<i>Spondias dulcis</i>	756,59	2	1513,18
24	Kelengkeng	<i>Dimocarpus longan</i>	12,7	24	304,8
25	Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	6,42	2	12,84
26	Kerai Payung	<i>Felicion decipien</i>	404,83	4	1619,32
27	Kersen	<i>Muntingia calabura</i> L.	5,26	13	68,38
28	Ketapang	<i>Terminalia catappa</i>	30,95	87	2692,65
29	Ketapang Biola	<i>Ficus lyrata</i>	35,32	23	812,36
30	Ketapang Kencana	<i>Terminalia mentaly</i>	23,48	58	1361,84
31	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	295,73	93	27502,89
32	Mangga	<i>Mangifera indica</i> L.	51,96	113	5871,48
33	Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	329,76	28	9233,28
34	Mengkudu	<i>Morinda citrifolia</i>	13,48	1	13,48
35	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	126,51	9	1138,59
		<i>Mussaenda pubescens</i>			
36	Nusa Indah	<i>Dryand</i>	4,22	26	109,72
37	Pakis Brazil	<i>Schizolobium parahyba</i>	2,93	6	17,58
38	Palem raja	<i>Roystonea regia</i>	11,12	117	1301,04
39	Pandan Bali	<i>Cordyline australis</i>	1,71	3	5,13
40	Petai	<i>Parkia speciosa</i>	42,2	2	84,4
41	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	68,71	32	2198,72
42	Pucuk merah	<i>Syzygium oleina</i>	123,87	40	4954,8
43	Pulai	<i>Alstonia scholaris</i>	150,61	71	10693,31
44	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	2,19	17	37,23
45	Sawo	<i>Manilkara zapota</i>	36,19	2	72,38
46	Sawo kecil	<i>Manilkara kauki</i> (L.) <i>Dubard.</i>	36,19	35	1266,65
47	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	75,29	2	150,58
48	Sukun	<i>Artocarpus communis</i>	126,51	12	1518,12
49	Tabebuia Putih	<i>Tabebuia riparia</i>	106	21	2226
50	Tabebuia Kuning	<i>Tabebuia chrysantha</i>	105,87	10	1058,7
51	Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29	109	3737,61
52	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28488,39	79	2250582,81
TOTAL				1517	2.399.549

Sumber: Fadhilah (2022); Khasanah (2022); Haruna (2020); Setyowati dkk (2020); Ismail & Aulia (2017); Suryaningsih dkk (2015); Dahlan (2007).

Pada tabel diatas, data daya serap sebanyak 48 pohon ditemukan dari berbagai sumber literatur dan empat pohon yang terdiri dari: kelor, ketapang biola, nusa indah, pakis brazil dihitung dengan menggunakan persamaan simpanan karbon. Terakumulasi kemampuan simpanan karbon pohon UIN Walisongo sebesar 2.399.549 kg/tahun atau 2.399,55 ton/tahun. Keanekaragaman spesies di suatu wilayah akan berpengaruh terhadap nilai simpanan karbon. Hal tersebut dapat dibuktikan dari perbandingan hutan tanaman yang cenderung monocular yang memiliki kemampuan simpanan karbon lebih rendah dibandingkan dengan hutan alam yang tinggi akan keberagaman vegetasi yang tumbuh (Masripatin et al., 2010).

Total Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor

Berdasarkan hasil pengukuran secara langsung pada tiga titik pengamatan, didapatkan jumlah kendaraan bermotor yang tersaji pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Jumlah Kendaraan Melintas

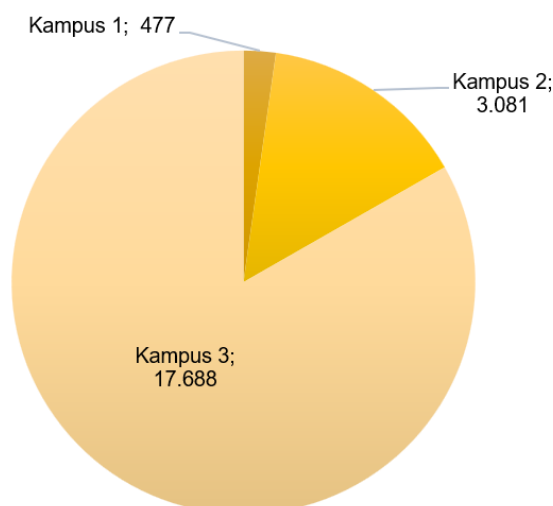
Zona Kampus	Jenis Kendaraan	Rata-Rata (unit/hari)	Rata-rata (unit/jam)
Kampus 1	Truk/Bus	1	1
	Mobil	142	11
	Motor	513	39
Kampus 2	Truk/Bus	5	1
	Mobil	265	20
	Motor	2886	222
Kampus 3	Truk/Bus	12	1
	Mobil	485	37
	Motor	8039	618

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa motor merupakan jenis kendaraan dengan jumlah terbanyak di masing-masing kampus UIN Walisongo Semarang. Jumlah kendaraan yang masuk melalui akses kampus 3 terbanyak dibandingkan dengan jumlah kendaraan yang masuk di kampus 1 maupun kampus 2. Hal tersebut disebabkan karena kampus 3 sebagai pusat kegiatan akademik, selain itu di kampus 3 terdapat delapan gedung dekanat dan fakultas, antara lain: Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam, Fakultas Syariah dan Hukum, Fakultas Dakwah dan Komunikasi, Fakultas Psikologi dan Kesehatan, Fakultas Ilmu Politik dan Ilmu Sosial, Fakultas Sains dan Teknologi. Pendekatan IPCC digunakan dalam menghitung total emisi CO₂ berdasarkan jenis kendaraan, didapatkan hasil seperti tersaji dalam tabel berikut ini.

Tabel 5. Total Emisi CO₂ per Jenis Kendaraan

Zona Kampus	Jenis Kendaraan	Total Emisi (ton/tahun)
Kampus 1	Truk/Bus	2,45
	Mobil	270,65
	Motor	203,63
Kampus 2	Truk/Bus	4,56
	Mobil	941,29
	Motor	2.134,95
Kampus 3	Truk/Bus	10,52
	Mobil	3.970,71
	Motor	13.706,95
TOTAL		21.245,7

Pada hasil perhitungan terlihat jumlah dan jenis kendaraan bermotor berkorelasi positif terhadap pertambahan jumlah emisi Karbon dioksida. Tabel 3.5. menunjukkan bahwa emisi terbesar dihasilkan dari jenis kendaraan sepeda motor yang terdapat di kampus 3 UIN Walisongo Semarang yaitu sebesar 13.706,95 ton/tahun atau 13.706.951 kg/tahun.

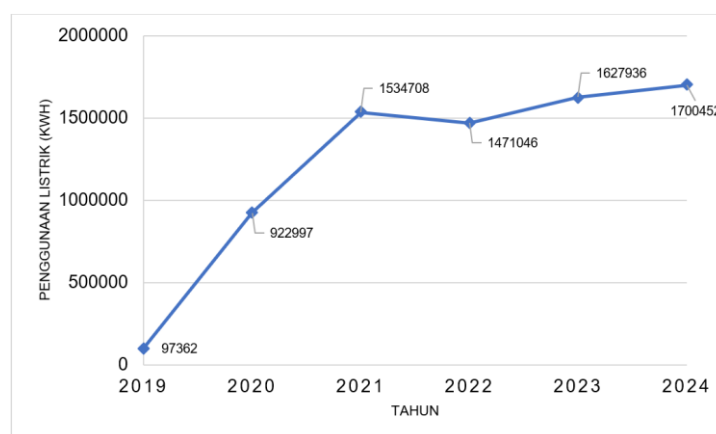


Gambar 6. Distribusi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor

Total emisi CO₂ UIN Walisongo yang bersumber dari kendaraan bermotor sebesar 21.245,70 ton/tahun. Pada gambar diatas terlihat total emisi CO₂ di kampus 1 UIN Walisongo Semarang sebesar 477 ton/tahun atau sebesar 2,24% dari total emisi UIN Walisongo Semarang. Kampus 2 menyumbang emisi CO₂ sebesar 3.081 ton/tahun atau sebanyak 14,50% dari total emisi UIN Walisongo Semarang. Pada kampus 3 sebagai penyumbang terbesar emisi kampus dengan jumlah yaitu 17.688 ton/tahun atau sebesar 83,26% dari total emisi.

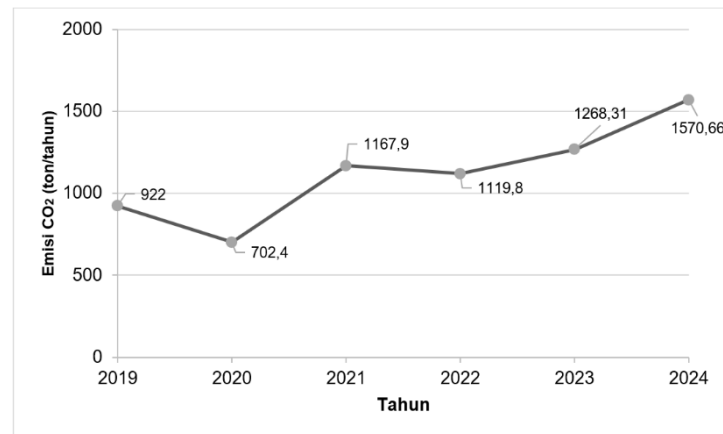
Total Emisi CO₂ Bangunan Gedung

Berdasarkan data konsumsi energi listrik UIN Walisongo Semarang yang bersumber dari laporan keberlanjutan UI GreenMetric, Bagian Umum, dan Keuangan didapatkan data rata-rata pemakaian energi listrik yakni sebesar 1.225.750 kWh.



Gambar 7. Konsumsi Listrik UIN Walisongo Semarang

Bersarnya nilai energi listrik yang digunakan tersaji dalam **Gambar 7**. Peningkatan jumlah penggunaan energi listrik dipengaruhi oleh terbangunnya delapan gedung baru yang diresmikan secara langsung oleh Menteri Agama Republik Indonesia atas bantuan *The Support to Development of the Islamic Higher Education Project* dari *Islamic Development Bank* (IsDB). Perluasan dan ekspansi yang dilakukan berdampak positif terhadap peningkatan jumlah mahasiswa baru. Besar nilai konsumsi energi listrik UIN Walisongo digunakan untuk menghitung emisi CO₂ dari pemanfaatan energi listrik tersebut. Perhitungan emisi Karbon dioksida bangunan gedung menggunakan *carbon footprint calculator* yang berbasis website. Pada tahun 2019-2022 secara berkelanjutan UIN Walisongo Semarang mengikuti pemeringkatan UI GreenMetric. Basis perhitungan *carbon footprint* menggunakan data konsumsi listrik berdasarkan tahun eksisting.



Gambar 8. Emisi CO₂ dari Bangunan Gedung

Besar emisi CO₂ yang dihasilkan dari tahun 2019-2024 yang bersumber dari bangunan di UIN Walisongo Semarang tersaji pada **Gambar 8**. Emisi CO₂ yang dihasilkan dari *carbon footprint calculator* dengan metode perhitungan orde tinggi (Tier 3). Secara umum penggunaan tier yang lebih tinggi mampu meningkatkan akurasi dan mengurangi ketidakpastian hasil perhitungan emisi. Terlihat pada tahun 2024 besarnya emisi CO₂ dari sektor bangunan UIN Walisongo Semarang sebesar 1570,66 ton/tahun.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan simpanan karbon menunjukkan bahwa nilai simpanan karbon di RTH yaitu 273,36 ton/tahun dan nilai simpanan karbon pohon sebesar 2.399,55 ton/tahun. Sehingga total simpanan karbon di UIN Walisongo Semarang sebesar 2.672,91 ton/tahun. Perhitungan emisi CO₂ diklasifikasikan menjadi dua sumber, yaitu emisi kendaraan bermotor dan emisi bangunan gedung. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan sumber emisi kendaraan bermotor sebanyak 21.245,70 ton/tahun dan nilai emisi bangunan yaitu 1.570,66 ton/tahun. Sehingga total emisi Karbon dioksida yang dihasilkan UIN Walisongo Semarang sebanyak 22.816,36 ton/tahun. Dapat disimpulkan bahwa simpanan karbon dari tutupan lahan di ruang terbuka hijau dan pohon belum mampu menyerap emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dan bangunan di UIN Walisongo Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Puspitasari, A. I. (2017). *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Tangerang, Provinsi Banten*. Universitas negeri jakarta.
- Beatley, T., 2012. *Green Urbanism: Learning from European Cities*. Washington D.C: Island Press.
- Dahlan, E. N. 2007. *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota sebagai Sink Gas CO₂*
- Fadhilah, Siti Dewi Barokatul., Ghozali, Achmad., Yprika, Rahmi. 2022. *Analisis Emisi Primer*
- Feltynowski, M., Kronenberg, J., Bergier, T., Kabisch, N., Laszkiewicz, E., Strohbach, M. W., 2018. Challenges of urban green space management in the face of using inadequate data. *Urban For. Urban Green*. 31, 56–66.
- Galan, J., 2015. *Landscape in Green Infrastructures & Interscalar Planning*. Aalto, Finland: Aalto University. Retrieved from <https://aaltodoc.aalto.fi>.
- Hamidah, Noor., Santoso, Mahdi. 2022. *Arsitektur Kota, Perancangan Kota, dan Ruang Terbuka Hijau*. Penerbit Deepublish: Yogyakarta.
- Haruna, Moh. Fahri. 2020. Analisis Biomasa dan Potensi Penyerapan Karbon Oleh Tanaman Pohon di Taman Kota Luwuk. *Jurnal Pendidikan Glasser*. Vol. 4. No. 2.
- Hsieh, C.-M., Li, J.-J., Zhang, L., Schwegler, B., 2018. Effects of tree shading and transpiration on building cooling energy use. *Energy Build*. 159, 382–397.
- IPCC. IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C. IPCC: Geneva, Switzerland, 2018.
- Jim CY, Chen WY: Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities* 2009, 26(4):187-194.
- Jo, H.K., Kim, J.Y., Park, H.M., 2019. Carbon reduction and planning strategies for urban parks in Seoul. *Urban For. Urban Green*. 41, 48–54.

- Khasanah, Rita Ariyana Nur., Na'ima, Mirtaati. 2022. Inventory of Species and Analysis of Stomata Characteristics of Shade Trees at UIN Walisongo Semarang. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*, Vol. 7, No. 01:63-78.
- Masripatin, N., K. Ginoga, G. Pri, W.S. Dharmawan, C.A. Siregar, A. Wibowo, D. Puspasari, A.S. Utomo, N. Sakuntaladewi, M. Lugina, Indartik, W. Wulandari. S. Darmawan, I. Heryansyah, N.M. Heriyanto, H.H. Siringoringo, R. Darmayanti, D. Anggraeni, H. Krisnawati, R. Maryani, D. Apriyanto, B. Subekti. 2010. Cadangan Karbon pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tumbuhan di Indonesia. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Park, H.M., Jo, H.K., 2021a. Ecological design and construction strategies through life cycle assessment of carbon budget for urban parks in Korea. *Forests* 12.
- Proietti, C., Anav, A., Vitale, M., Fares, S., & Marco, A. D. (2019). A new wetness index to evaluate the soil water availability influence on gross primary production of European forests. *Climate*, 7(3), 42. <https://doi.org/10.3390/cli7030042>
- Ratnaningsih, A. Suhesti, E. 2010. Peran Hutan Kota dalam Meningkatkan Kualitas Hidup. *Journal of Environmental Science*, 4(5): 123-134.
- Reyes-Riveros, R., Altamirano, A., De la Barrera, F., Rozas-Vasquez, D., Vieli, L., Meli, P., 2021. Linking public urban green spaces and human well-being: A systematic review. *Urban For. Urban Green*. 61.
- Setyowati, Dewi Liesnoor., Astuti, Tri Marhaeni Pudji., Hardati, Puji., Subiyanto. 2020. Penggunaan Energi di Universitas Negeri Semarang (UNNES). Fakultas Ilmu Sosial UNNES: Semarang.
- Song Y, Xiang M, Zhao C. Research on satisfaction degree of campus public space—take the west area of Southwest University of Science and Technology as an example. *Open J Soc Sci* 2021;9(5):428–39.
- Suciyani, Wida Oktavia. 2018. Analisis Potensi Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kampus di Politeknik Negeri Bandung. *Jurnal Planologi* Vol. 15, No. 1 (17-33).
- Suryaningsih, L., Haji, A. T. S., & Wirosoedarmo, R. 2015. Analisis Spasial Defisiensi Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Mojokerto. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 2(2), 1-10.