

ANALISIS KERAPATAN KANOPI VEGETASI RUANG TERBUKA HIJAU MENGUNAKAN CITRA SENTINEL-2A BERBASIS HEMISPHERICAL PHOTOGRAPHY DI KOTA SURAKARTA

*Analysis of Green Open Space Vegetation Canopy Density Using Sentinel-2A Image Based
On Hemispherical Photography in the City of Surakarta*

Muhammad Natsir, Hamim Zaky Hadibasyir, S.Si., M.GIS
Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta
E-mail: muhammadnatsir000@gmail.com

Abstrak

Bertambahnya jumlah penduduk di Kota Surakarta mengakibatkan timbulnya berbagai masalah seperti perubahan alih fungsi lahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun guna mengakomodasi kebutuhan pemukiman ataupun kebutuhan fasilitas pendukung lainnya yang pada akhirnya, alih fungsi lahan menjadi pemicu masalah-masalah lain seperti masalah lingkungan yakni meningkatnya suhu permukaan di Kota Surakarta. Salah satu langkah untuk mengurangi masalah kenaikan suhu permukaan yang terjadi di Kota Surakarta, dapat dilakukan dengan menyediakan ruang terbuka hijau dengan kualitas kerapatan kanopi vegetasi yang baik, karena kanopi dapat mengatasi masalah lingkungan berupa pendinginan suhu dan mengurangi jumlah polusi udara. salah satu cara untuk mengukur kerapatan kanopi ialah dengan data penginderaan jauh. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Menganalisis ketersediaan dan persebaran ruang terbuka hijau di Kota Surakarta; 2) Menganalisis nilai korelasi antara nilai NDVI dengan kerapatan kanopi RTH; 3) Menganalisis persebaran kerapatan kanopi ruang terbuka hijau di Kota Surakarta dan pengaruhnya terhadap suhu permukaan lahan. Metode Hemispherical Photography digunakan untuk mengidentifikasi persentase kerapatan kanopi menggunakan foto di lapangan yang kemudian dilakukan regresi linear dengan nilai NDVI yang bersumber dari citra Sentinel 2A guna mendapat persamaan untuk mengestimasi kerapatan kanopi secara keseluruhan. Hasil penelitian ini yakni luas ruang terbuka hijau secara keseluruhan yaitu 882,67 ha, atau 18,89% dari luas wilayah. Luas tersebut masih belum memenuhi standar minimal ruang terbuka hijau dan masih membutuhkan sekitar 11,11% agar memenuhi standar tersebut. Hubungan antara persentase kerapatan kanopi dengan nilai NDVI termasuk dalam korelasi tinggi dengan koefisien korelasi sebesar $r = 0,9026$. Kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau didominasi pada kelas rendah (<50%) dengan luas masing-masing sebesar 373,58 ha sedangkan kelas kerapatan kanopi sedang (50% - 70%) memiliki luasan sebesar 270,71 ha, dan kerapatan tinggi memiliki luas paling kecil yakni 249,87 ha. Kerapatan kanopi terbukti mampu menurunkan suhu permukaan di Kota Surakarta dimana wilayah yang memiliki kerapatan kanopi vegetasi tinggi cenderung memiliki suhu permukaan yang lebih rendah daripada wilayah yang memiliki kerapatan kanopi vegetasi rendah. Hasil uji korelasi menunjukkan hubungan antara kerapatan kanopi dengan SPL bernilai negatif, yakni -0,847 sehingga hubungan kedua variabel tersebut searah. Dengan demikian, dapat diartikan bahwa peningkatan persentase kerapatan kanopi akan diikuti oleh penurunan nilai SPL.

Kata kunci: ruang terbuka hijau, NDVI, hemispherical photography, kerapatan kanopi, Kota Surakarta

Abstract

The increase in population in the city of Surakarta has resulted in various problems such as changes in land use from non-built land to built-up land to accommodate residential needs or other supporting facility needs, which in turn, land use change has triggered other problems such as environmental problems, namely increasing temperatures. surface in the city of Surakarta. One step to reduce the problem of rising surface temperatures occurring in the city of Surakarta, can be done by providing green open spaces with good quality vegetation canopy density, because canopies can overcome environmental problems in the form of cooling temperatures and reducing the amount of air pollution. One way to measure canopy density is with remote sensing data. The objectives of this research are 1) Analyze the availability and distribution of green open space in the City of Surakarta; 2) Analyze the correlation value between NDVI values and green open spaces canopy density; 3) Analyze the distribution of canopy density in green open spaces in Surakarta City and its influence on land surface temperature. The Hemispherical Photography method was used to identify the percentage of canopy density using photos in the field which was then carried out with linear regression with NDVI values sourced from Sentinel 2A images to obtain an equation for estimating overall canopy density. The results of this research are that the total area of green open space is 882.67 ha, or 18.89% of the area. This area still does not meet the minimum green open space standards and still requires around 11.11% to meet these standards. The relationship between the percentage of canopy density and the NDVI value is included in the high correlation with a correlation coefficient of $r = 0.9026$. The canopy density of green open space vegetation is dominated by the low class (<50%) with an area of 373.58 ha each, while the medium canopy density class (50% - 70%) has an area of 270.71 ha, and high density has an area of the smallest is 249.87 ha. Canopy density has been proven to be able to reduce surface temperatures in the city of Surakarta, where areas with high vegetation canopy density tend to have lower surface temperatures than areas with low vegetation canopy density. The results of the correlation test show that the relationship between canopy density and LST is negative, namely -0.847, so the relationship between the two variables is in the same direction. Thus, it can be interpreted that an increase in the percentage of canopy density will be followed by a decrease in the LST value.

Keywords: green open space, NDVI, hemispherical photography, canopy density, Surakarta City

1. PENDAHULUAN

Menurut Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang mendefinisikan kawasan perkotaan sebagai "wilayah yang memiliki kegiatan perkotaan dengan jumlah penduduk 5.000 jiwa atau lebih, kepadatan 500 orang/hektar, memiliki fungsi pusat pelayanan, pusat pemerintahan, pusat perdagangan, pusat industri, pusat jasa, dan

memiliki pola ruang yang padat dan kompleks”. Definisi ini menegaskan bahwa kawasan perkotaan adalah wilayah yang memiliki aktivitas perkotaan yang intens, dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan berbagai fungsi penting dalam pelayanan publik, pemerintahan, perdagangan, industri, dan jasa. Berdasarkan definisi tersebut, kawasan perkotaan menjadi alasan masyarakat untuk melakukan urbanisasi untuk memperoleh kesejahteraan hidup yang lebih baik dengan segala fasilitas yang ada, yang hanya didapatkan di kawasan perkotaan (Niari et al., 2013). Kegiatan urbanisasi tersebut mengakibatkan penambahan jumlah penduduk di kawasan perkotaan (Adam, 2012).

Penambahan jumlah penduduk tersebut mengakibatkan timbulnya berbagai masalah di kawasan perkotaan seperti perubahan alih fungsi lahan dari lahan non terbangun menjadi lahan terbangun guna mengakomodasi kebutuhan pemukiman ataupun kebutuhan fasilitas pendukung lainnya yang pada akhirnya, alih fungsi lahan menjadi pemicu masalah-masalah lain seperti masalah lingkungan berupa kenaikan suhu udara permukaan (Walad dan Purwaningsih, 2019). Kenaikan suhu permukaan dapat berdampak pada intensitas curah hujan lokal, sehingga terjadi pengaruh yang sangat signifikan peningkatan suhu di wilayah perkotaan terhadap awal waktu kemunculan hujan dan intensitas curah hujan lokal yang dapat menyebabkan banjir (Syamsudin dan Lestari, 2017).

Salah satu langkah untuk mengurangi masalah lingkungan yang terjadi di kawasan perkotaan, dapat dilakukan dengan menyediakan area terbuka yang cukup untuk tumbuhnya tanaman, yaitu Ruang terbuka hijau (RTH) yang memiliki definisi area terbuka yang ditanami dengan tanaman baik secara alami maupun dengan sengaja, yang bertujuan untuk mengurangi masalah lingkungan di kawasan perkotaan. Menanam vegetasi di RTH dapat membantu mengatasi masalah perkotaan. Salah satu elemen dari ruang terbuka hijau ialah kanopi. Kanopi vegetasi adalah struktur atap atau tutupan yang terbentuk dari tanaman hidup baik berupa tajuk pohon dewasa, cabang-cabang maupun dedaunan pohon yang saling tumpang tindih. Umumnya kanopi berada di ketinggian antara 10-30 meter dari atas permukaan tanah. Kanopi atau struktur atap yang terdiri dari tanaman hidup ini memiliki manfaat ekologis dan estetika. Selain itu fungsi kanopi juga dapat melindungi dari paparan sinar matahari, sehingga kehadiran kanopi pada pohon memberikan kenyamanan bagi manusia atau hewan yang beraktivitas di siang hari.

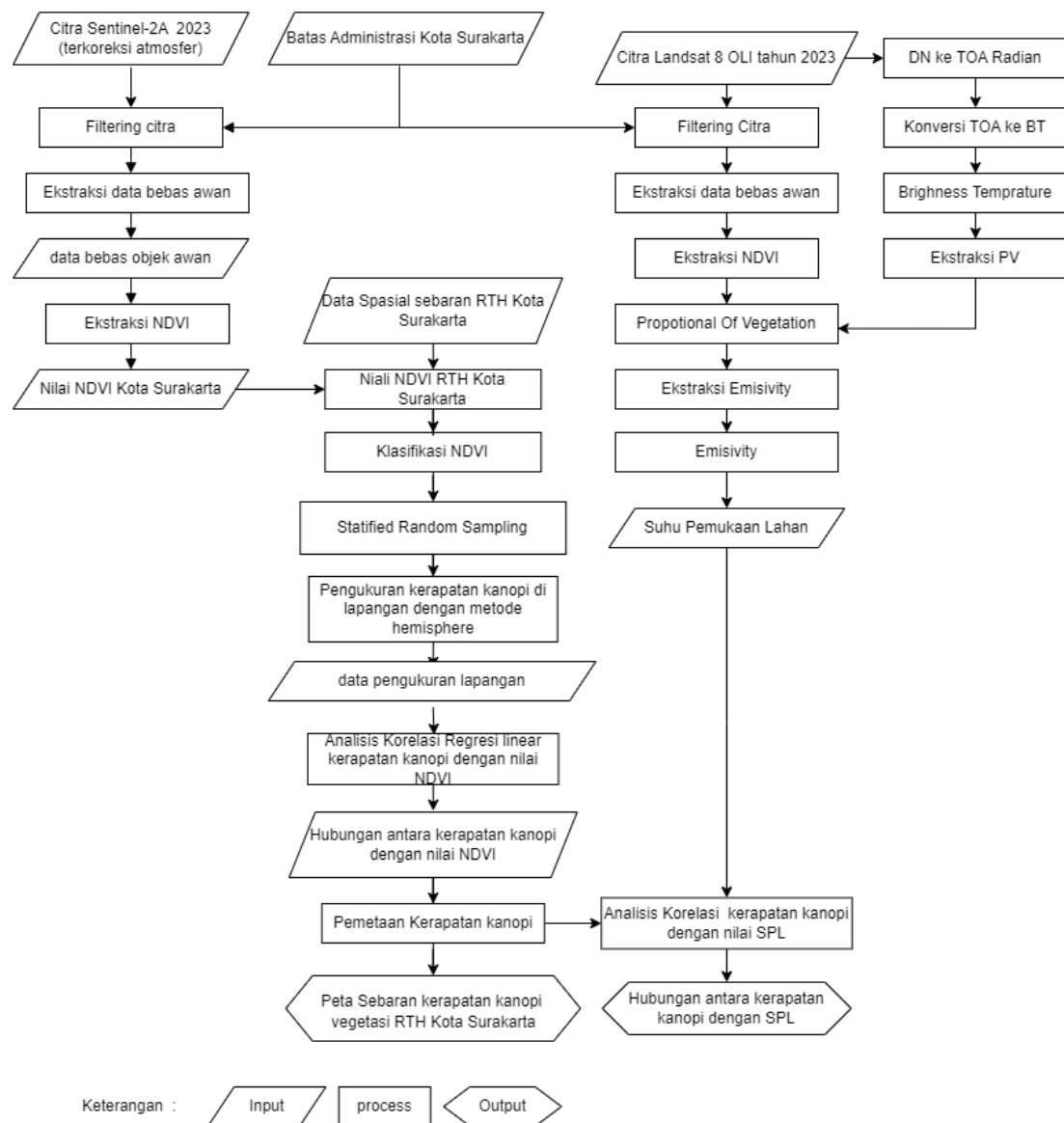
Kanopi pohon berperan dalam pendinginan suhu udara di sebuah wilayah. Hal tersebut telah diteliti oleh Effendy dan Sururi (2017) yang berjudul “Prediksi Efek Pendinginan Ruang terbuka hijau dengan Menggunakan Persamaan Empiris di Kampus IPB Darmaga”, yang menunjukkan bahwa kontribusi luasan yang terlindungi oleh kanopi vegetasi cukup signifikan dalam mengurangi suhu udara pada siang hari, dengan penurunan suhu mencapai 28%. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin rapat kanopi vegetasi RTH maka semakin besar pendinginan suhu udara yang terjadi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ramdhani dan Fatimah (2013) dengan judul “Studi Potensi Kanopi Pohon di Kebun Raya Bogor Dalam Menyerap Emisi Karbon Dioksida dari Kendaraan Bermotor” menyimpulkan bahwa kanopi pohon mampu menyerap emisi karbon dioksida dan berkontribusi besar dalam mengurangi konsentrasi karbon dioksida di sekitar jalan raya. Hal ini selaras dengan kebutuhan mitigasi dalam menanggulangi permasalahan yang terjadi di wilayah perkotaan,

dimana kenaikan jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang berpotensi mengurangi kualitas udara di wilayah perkotaan, sehingga perlu perhatian khusus untuk pengembangan RTH yang berfokus pada kerapatan kanopi.

Identifikasi kerapatan kanopi pada RTH menggunakan teknologi penginderaan jauh dianggap unggul dari segi waktu yang lebih singkat, biaya yang lebih murah serta cakupan area yang lebih luas. Terobosan baru di bidang penginderaan jauh yang cukup populer ialah pengolahan berbasis cloud computing dimana semua pengolahan yang dilakukan memanfaatkan internet sebagai pusat penyimpanan, manajemen dan aplikasi. Google Earth Engine adalah salah satu platform berbasis cloud computing yang menyediakan data dari berbagai macam citra satelit secara time series serta dapat melakukan pengolahan citra menggunakan bahasa pemrograman javascript. Identifikasi kerapatan kanopi dapat dilakukan menggunakan Google Earth Engine. Identifikasi tersebut dilakukan berdasarkan nilai indeks NDVI pada wilayah Kota Surakarta yang diolah melalui Google Earth Engine dan hasil pengukuran kerapatan kanopi RTH menggunakan metode Hemispherical Photography di lapangan yang diolah menggunakan analisis regresi.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *hemispherical photography* yang digunakan untuk mendapatkan sampel data kerapatan kanopi vegetasi di lapangan. Kerapatan vegetasi secara menyeluruh didapatkan dari persamaan regresi linear antara persentase kerapatan kanopi dengan indeks NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dari pengolahan data citra Sentinel 2A menggunakan Google Earth Engine dengan yang kemudian dianalisis secara spasial berdasarkan klasifikasinya menjadi sebaran ruang terbuka hijau di Kota Surakarta. Gambar 1 berikut menjelaskan alur metode pengolahan data.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pesebaran ruang terbuka hijau di Kota Surakarta

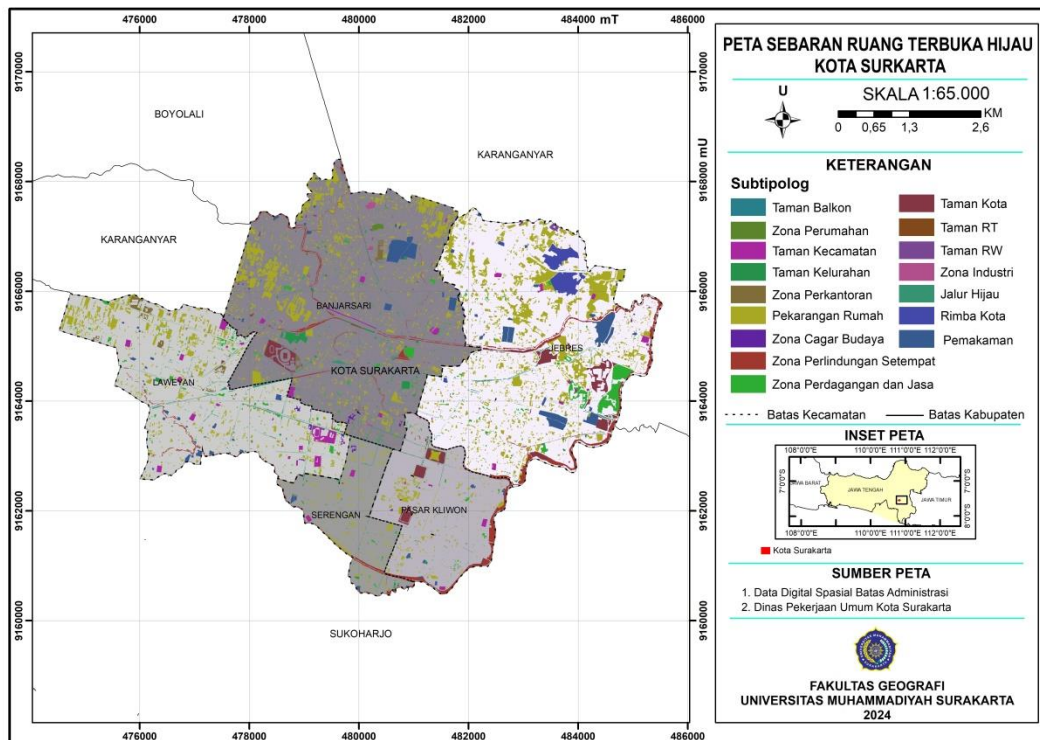
Berdasarkan hasil pengolahan data digital spasial yang bersumber dari Dinas Pekerjaan Umum, Kota Surakarta memiliki ruang terbuka hijau dengan luasan sebesar 895,11 ha. Yang tersebar di seluruh kecamatan di Kota Surakarta dengan luasan yang bervariasi. Tabel 1. berikut ini menampilkan luasan ruang terbuka hijau pada tiap kecamatan di Kota Surakarta.

Tabel 1. Luas ruang terbuka hijau tiap kecamatan di Kota Surakarta

Kecamatan	Luas RTH (Ha)	Presentase (%)
Banjarsari	273,18	30,52
Jebres	381,73	42,65
Laweyan	141,33	15,79
Pasar Kliwon	67,65	7,56
Serengan	31,22	3,49
Total	895,11	100

Sumber :Pengolahan Data

Ruang terbuka hijau di Kota Surakarta tersebar secara menyeluruh dan mencakup 16 kelas ruang terbuka hijau seperti rimba kota, taman balkon, taman kecamatan, taman kelurahan, taman kota, taman RT, taman RW, jalur hijau, zona cagar budaya, zona perlindungan setempat, pekarangan rumah, pemakaman, zona industri, zona perdagangan dan jasa, zona perkantoran dan zona perumahan. Ke-16 kelas tersebut tidak selalu ada di tiap kecamatan. Gambar 2 menampilkan sebaran spasial ruang terbuka hijau di Kota Surakarta



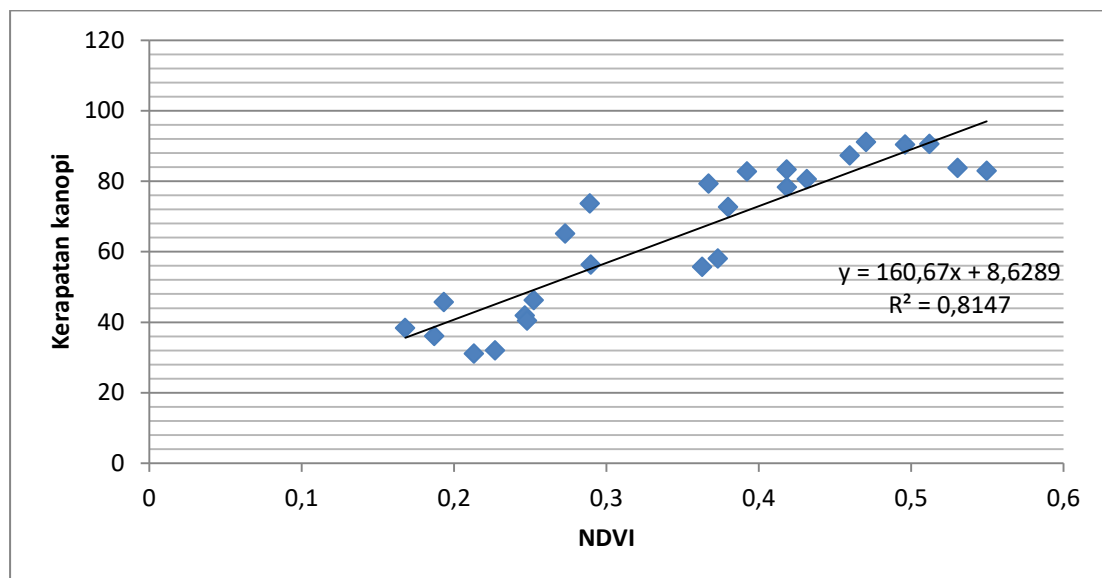
Gambar 2. Peta sebaran ruang terbuka hijau Kota Surakarta

Secara umum, Kota Surakarta memiliki luas ruang terbuka hijau sebesar 895,11 ha dengan pembagian ruang terbuka hijau publik sebesar 352,59 ha yang terdiri dari 10 kelas ruang terbuka hijau, yaitu rimba kota, taman kecamatan, taman kelurahan, taman kota, taman RT, taman RW, jalur hijau, zona cagar budaya, zona perlindungan setempat serta pemakaman dan ruang terbuka hijau privat sebesar 542,66 ha yang terdiri dari 6 kelas ruang terbuka hijau

yaitu pekarangan, taman balkon, zona industri, zona perdagangan dan jasa, zona perkantoran dan zona perumahan, sementara luas wilayah Kota Surakarta sebesar 4.672 ha, dengan demikian, persentase luas ruang terbuka hijau di Kota Surakarta ialah 18,89% yang terdiri dari 7,52% ruang terbuka hijau publik dan 11,37% ruang terbuka hijau privat. Angka tersebut masih sangat kurang jika merujuk pada peraturan standar minimal yang ditetapkan yakni sebesar 30% dari luas wilayah. Kota Surakarta masih perlu menambah sekitar 11,11% agar mencukupi standar minimal ruang terbuka hijau, terlebih luas ruang terbuka hijau publik persentasenya lebih rendah daripada ruang terbuka hijau privat, padahal seharusnya ruang terbuka hijau publik memiliki persentase 2 kali lebih besar dari ruang terbuka hijau privat yakni 20% (Peraturan Menteri PUPR Nomor 05/PRT/M/2008).

3.2 Hubungan antara kerapatan kanopi RTH dengan nilai NDVI

Hasil koefisien korelasi (r) antara variabel persentase kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau dengan variabel nilai NDVI citra Sentinel 2A sebesar $r = 0,9026$. Bilamana ditinjau dari kriteria hubungan korelasi, maka hubungan korelasi antara kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau dengan nilai NDVI termasuk dalam hubungan kuat. Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan adanya keterikatan antara kerapatan kanopi dengan nilai NDVI sebesar 0,81. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai NDVI citra Sentinel 2A dapat menjelaskan sekitar 81% kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau di Kota Surakarta. Grafik hubungan korelasi ditunjukkan pada Grafik 4.1.



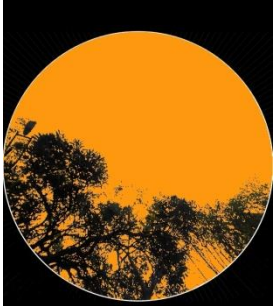
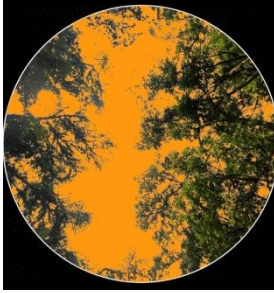
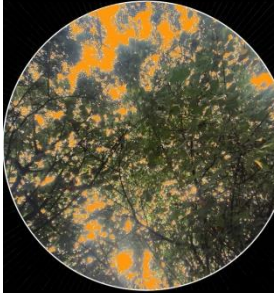
Gambar 3. Diagram pancar pancar hasil regresi linear sederhana antara nilai kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau dengan nilai NDVI

Nilai korelasi antara variabel NDVI dengan variabel kerapatan kanopi vegetasi bernilai positif yang menunjukkan bahwa arah hubungan antara kedua variabel tersebut searah, yang artinya apabila nilai NDVI mengalami kenaikan maka nilai kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau juga meningkat.

3.3 Pesebaran kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau di Kota Surakarta dan pengaruhnya terhadap suhu permukaan lahan.

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan 3 kelas klasifikasi kerapatan kanopi yaitu rendah (<50%), sedang (50% - 70%) dan tinggi (>70%) (Falensky, 2020) yang tersebar di masing-masing kecamatan dengan luasan yang bervariasi. Gambaran kerapatan kanopi vegetasi tiap kelas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Gambaran kerapatan kanopi tiap kelas klasifikasi

Kerapatan	Persentase	Gambar	
		Lapangan	Glama Apps
Rendah	<50%		
Sedang	50% - 70%		
Tinggi	>70%		

Sumber : Pengolahan data

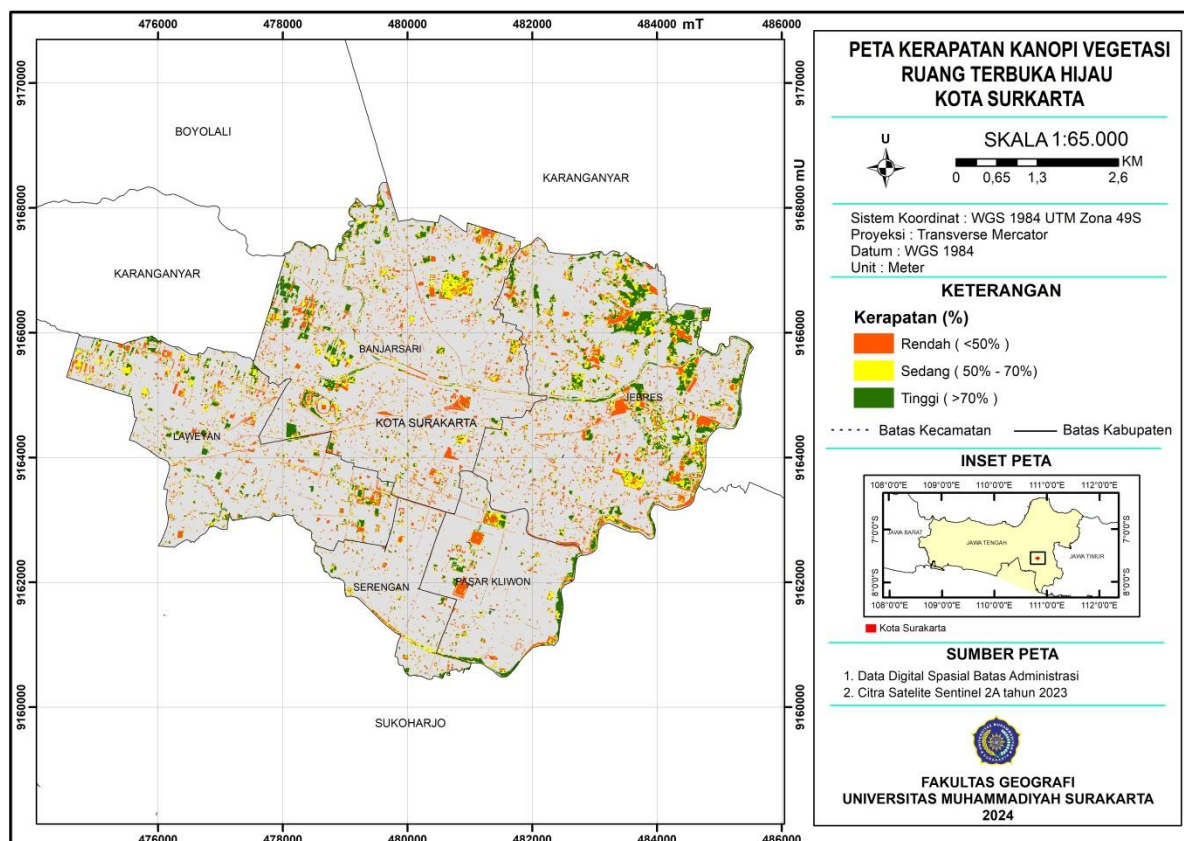
Terdapat 2 Kecamatan yang memiliki kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau dengan dominasi kelas kerapatan tinggi yaitu kecamatan Jebres dan kecamatan Pasar Kliwon, sedangkan kecamatan yang memiliki kerapatan kanopi vegetasi ruang terbuka hijau yang didominasi pada kelas klasifikasi sedang ialah Kecamatan Banjarsari, Kecamatan Laweyan dan Kecamatan Serengan. Tabel 5.2 di bawah ini menunjukkan luasan kelas kerapatan kanopi tiap kecamatan.

Tabel 3. Luas ruang terbuka hijau berdasarkan kelas kerapatan kanopi

Kecamatan	Luas RTH berdasarkan kelas kerapatan kanopi (Ha)			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Banjarsari	59,06	117,72	103,61	280,39
Jebres	61,29	138,94	161,17	361,41
Laweyan	27,21	61,60	52,85	141,66
Pasar Kliwon	13,60	26,28	28,17	68,05
Serengan	6,78	14,48	9,78	31,05
Total	167,95	359,02	355,57	882,55
Persentase (%)	19,03	40,68	40,29	100

Sumber : Pengolahan data

Besarnya luasan kerapatan kanopi tinggi di Kecamatan Jebres dan Pasar Kliwon dipengaruhi oleh kelas ruang terbuka hijau, berdasarkan Tabel 4.5 kelas taman kota, zona perlindungan setempat dan rimba kota memiliki luasan kelas kerapatan tinggi yang lebih dominan daripada kelas kerapatan sedang dan kerapatan rendah, terlebih di Kecamatan Jebres terdapat kelas rimba kota yang tidak dimiliki kecamatan lainnya, dari luas 33,18 Hektar rimba kota, 24,31 Hektar termasuk dalam kerapatan tinggi. Kecamatan Pasar Kliwon memiliki kelas zona perlindungan setempat yang cukup tinggi dibandingkan dengan beberapa kecamatan lainnya dan kelas zona perlindungan setempat memiliki luasan kelas kerapatan tinggi yang lebih banyak daripada kelas kerapatan lainnya. Kecamatan Banjarsari, Kecamatan Laweyan dan Kecamatan Pasar Kliwon memiliki kelas-kelas ruang terbuka hijau yang memiliki luas kerapatan sedang yang lebih besar daripada kerapatan tinggi, seperti pada kelas ruang terbuka hijau pemakaman, jalur hijau dan taman kota. Gambar 3 menyajikan peta kerapatan kanopi ruang terbuka hijau di Kota Surakarta.



Gambar 4. Peta sebaran kerapatan kanopi Kota Surakarta

Secara keseluruhan, ruang terbuka hijau di Kota Surakarta memiliki kerapatan kanopi paling banyak pada kerapatan rendah dengan persentase sebesar 41,78%, sedangkan kerapatan tinggi memiliki persentase paling kecil yakni 27,94%. Berdasarkan Gambar 4.6 ruang terbuka hijau dengan kerapatan tinggi yang ditandai dengan warna hijau cenderung berada di pinggiran kota dan terlihat paling banyak di bagian timur, sedangkan di bagian pusat kota bervariasi antara kerapatan sedang dan kerapatan rendah. Kelas kerapatan kanopi tinggi umumnya berada pada ruang terbuka hijau yang tidak tercampur dengan lahan terbangun seperti pada rimba kota, dimana rimba kota merupakan hamparan lahan berbentuk memanjang/jalurdan/atau mengelompok sebagai tempat tumbuh vegetasi dengan stratifikasi lengkap, rapat, dan beragam di dalam Wilayah Kota atau Kawasan Perkotaan (Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang No.14 Tahun 2022), sedangkan kelas kerapatan sedang dan rendah terdapat pada ruang terbuka hijau yang bercampur dengan lahan terbangun seperti pada jalur hijau, taman kelurahan dan pekarangan rumah. Hal ini selaras penelitian Asmasuci (2023) yang menyebutkan kelas kerapatan vegetasi rendah adalah area lahan terbangun yang bercampur dengan vegetasi.

Mengingat peran kanopi vegetasi dalam mengurai masalah perkotaan terutama dalam sebagai pengatur iklim mikro dan pendinginan suhu udara, dilakukan perhitungan hubungan kerapatan vegetasi dengan SPL yang dilakukan menggunakan korelasi sederhana pearson product moment. Korelasi ini menggunakan dua variable yaitu variable bebas (x) dan variable terikat (y). Penelitian ini SPL berperan sebagai variable bebas (independent),

sedangkan fenoeman kerapatan kanopi berperan sebagai variable terikat (dependent). Berdasarkan hasil uji korelasi antara kerapatan kanopi dengan SPL mendapatkna hasil tingkat hubungan antara keduanya adalah tinggi dengan nilai koefisien -0,847 yang artinya memiliki hubungan negatif yang berarti apabila nilai kerapatan kanopi turun maka nilai SPL naik. Hasil tersebut membuktikan bahwa kerapatan kanopi mampu mengatasi permasalahan lingkungan di Kota Surakarta dalam menurunkan suhu permukaan lahan. Penurunan suhu permukaan lahan dalam wilayah dengan kerapatan kanopi tinggi dikarenakan kerapatan kanopi mampu melindungi dari sinar matahari langsung dan mengurangi efek pemanasan permukaan, hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Vasconcelos (2023) bahwa kerapatan kanopi mampu mengubah iklim mikro kawasan perkotaan melalui efek evapotranspirasi yang dilakukan oleh tanaman.

4. PENUTUP

Terdapat 16 kelas ruang terbuka hijau di Kota Surakarta yang tersebar di seluruh kecamatan. Kelas dengan luasan paling tinggi yaitu pekarangan dan yang paling rendah yaitu taman balkon. Persebaran ruang terbuka hijau didominasi di wilayah timur Kota Surakarta. Semua kecamatan yang ada belum memenuhi standar minimal ruang terbuka hijau secara total yang ditetapkan yakni 30% dari luas wilayah. Secara umum, Kota Surakarta memiliki luas ruang terbuka hijau sebesar 882,67 Hektar Angka tersebut masih sangat kurang jika merujuk pada peraturan standar minimal yang ditetapkan yakni sebesar 30% dari luas wilayah. Kota Surakarta masih perlu menambah sekitar 11,11% agar mencukupi standar minimal ruang terbuka hijau. Hubungan antara persentase kerapatan kanopi ruang terbuka hijau dengan nilai NDVI citra Sentinel 2-A adalah berkorelasi kuat dengan arah hubungan positif yang artinya bahwa kenaikan persentase kerapatan kanopi diikuti kenaikan nilai NDVI. Kerapatan kanopi terbagi menjadi 3 kelas klasifikasi yakni rendah dengan persentase kerapatan sebesar yaitu rendah (<50%), sedang (50% - 70%) dan tinggi (>70%). Kondisi kerapatan kanopi ruang terbuka hijau di Kota Surakarta perlu dikembangkan lagi, sebab kerapatan kanopi berperan besar dalam mengatasi masalah lingkungan di wilayah perkotaan sebab, kanopi vegetasi yang rapat dapat memberikan kenyamanan termal yang baik di sebuah wilayah serta mempengaruhi suhu, efek pendinginan meningkat seiring meningkatnya kerapatan kanopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F. P. (2012). Tren Urbanisasi Di Indonesia. *Piramida*, 6(1), 1–15.
- Asmasuci, Trina Dhiya. (2023). Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Menggunakan Data Penginderaan Jauh Dengan Metode Forest Canopy Density Di Kota Surakarta. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia.
- Effendy, S., & Sururi, A. (2017). The Cooling Effect Estimation of Green Space Area Using an Empirical Approach in IPB Darmaga Campus. *Agromet*, 31(2), 53-61.
- Niari, R., Asyik, B., & Zulkarnain. (2013). Faktor-Faktor Pendorong dan Penarik yang Menyebabkan Penduduk Suku Banten Bermigrasi ke Kelurahan Sukajawa Kecamatan

Tanjung Karang Barat Kota Bandar Lampung Tahun 2012. *Jurnal Penelitian Geografi*, 1(2), 1-9.

Pemerintah Indonesia. (2007). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 05/Prt/M/2008 Tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau Di Kawasan Perkotaan.

Pemerintah Indonesia. (2022). Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang No.14 Tahun 2022

Ramdhani, A. Y., & Fatimah, I. S. (2013). Studi potensi kanopi pohon di Kebun Raya Bogor dalam menyerap emisi karbondioksida dari kendaraan bermotor. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 5(1), 41-46.

Syamsudin, F., & Lestari, S. (2017). Dampak Pemanasan Pulau Perkotaan (Urban Heat Island) pada peningkatan tren curah hujan ekstrem dan aerosol di Megapolitan Jakarta sejak tahun 1986. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1), 54-61.

Zhang, Y., & Dai, M. (2022). Analysis of the Cooling and Humidification Effect of Multi-Layered Vegetation Communities in Urban Parks and Its Impact. *Atmosphere*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/atmos13122045>