

Kajian Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Kenaikan Suhu Permukaan dengan Landsat 8 di Kota Yogyakarta

Fitria Nuraini Sekarsih^{1*}, Uswatun Khasanah², Panji Setya Gangga³, Ridho Abdhe Saputra⁴

^{1,3,4}Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Amikom Yogyakarta

²Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

Email: ^{1,*}sekarsih.fitria@amikom.ac.id, ²uswatun.k@amikom.ac.id, ³panjigangga23@students.amikom.ac.id,
⁴ridhoabdhes@students.amikom.ac.id

Email Penulis Korespondensi: ¹sekarsih.fitria@amikom.ac.id.

Abstrak—Kota Yogyakarta mengalami perubahan penutup lahan selama 2013-2023. Perubahan tersebut diduga menjadi penyebab naiknya suhu permukaan di Kota Yogyakarta. Analisa pengaruh faktor tersebut terhadap suhu permukaan dilakukan dengan menggunakan Citra Landsat 8 dengan 4 tahap yaitu 1) ekstraksi citra Landsat 8 dan melakukan koreksi nilai *brigness value* menjadi nilai radiance; 2) mengolah citra dari saluran *thermal* Landsat 8 hingga mendapatkan nilai suhu permukaan; 3) mengolah citra Landsat 8 untuk mendapatkan nilai indeks tutupan lahan yaitu vegetasi, lahan terbangun, dan kelembaban; dan 4) membuat sampling untuk analisa hubungan suhu permukaan dengan tutupan lahan. Hasilnya, terjadi kenaikan suhu permukaan di Kota Yogyakarta sebesar 0,38⁰ C atau 30,59⁰ C menjadi 30,97⁰ C selama 2013-2023. Pada tahun 2013, tutupan vegetasi, lahan terbangun, dan kelembaban merupakan faktor yang dominan terhadap suhu permukaan di Kota Yogyakarta. Pengaruh ketiga faktor tersebut adalah sebesar 91,16 %. Peran vegetasi, lahan terbangun, dan kelembaban berkurang drastis menjadi 49,49 % terhadap suhu permukaan di tahun 2023. Pengaruh dominan terhadap suhu di Kota Yogyakarta di tahun 2023 diperoleh dari faktor kualitas udara yaitu polusi. Tolak ukur ini diperoleh dari pengukuran suhu permukaan dan kualitas udara di saat pandemi dan kondisi normal tahun 2013.

Kata Kunci: Landsat 8, Penutup lahan, Perubahan tutupan lahan, Polusi, Suhu permukaan

Abstract—Land cover in Yogyakarta City has changed during 2013-2023. This change is predicted to be the cause of surface temperature increasing in Yogyakarta City. Analysis of the influence of these factors on surface temperature was carried out using Landsat 8 imagery with 4 stages, 1) extracting Landsat 8 imagery dan making corrections of images from *brigness value* to radiance value; 2) processing the imagery from thermal band to obtain the surface temperature value; 3) processing the Landsat 8 imagery to obtain land cover, built-up, and humidity index values; and 4) making sampling to analyze the relationship between surface temperature and land cover. As a result, there was 0.38⁰ C surface temperature increasing from 30.59⁰C to 30.97⁰C during 2013-2023. In 2013, vegetation, built-up area, and humidity were the dominant factors in surface temperature in Yogyakarta City. The influences of these three factors are 91.16%. The role of vegetation, built-up area, and humidity were drastically reduced to 49.49% on surface temperature in 2023. The dominant influence on temperature in Yogyakarta City in 2023 is obtained from air quality factor, pollution. This benchmark was obtained from measuring surface temperature and air quality during the pandemic and normal conditions in 2013.

Keywords: Landsat 8, Land cover, Land cover change, Pollution, Land surface temperature

1. PENDAHULUAN

Salah satu isu global yang sangat dirasakan saat ini adalah kenaikan suhu permukaan. Suhu permukaan adalah suhu pada lapisan terluar permukaan tanah [1]. Suhu permukaan sendiri merupakan temperatur diantara permukaan bumi hingga atmosfer [2]. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai suhu permukaan adalah dengan citra Landsat 8. Suhu permukaan yang dapat diekstrak dari Landsat 8 memiliki range 30 m – 100 m diatas permukaan tanah. Kajian ini menjadi penting karena peningkatan suhu permukaan akan menyebabkan pemanasan global dan cuaca ekstrim [3] yang tentunya akan berdampak pada kualitas lingkungan di perkotaan [4]. Suhu permukaan menjadi parameter penting yang digunakan untuk analisa perubahan iklim yang terjadi di permukaan bumi [5].

Prinsip dari ekstraksi nilai suhu dari citra Landsat 8 adalah bahwa setiap benda yang memiliki panas dapat ditangkap oleh sensor. Suhu permukaan merupakan nilai *radiance* dari suatu permukaan yang dapat diturunkan dari satelite atau pengukuran langsung [6]. Salah satu cara untuk mendapatkan nilai suhu permukaan adalah melalui sensor termal dari suatu sistem penginderaan jauh. Sistem termal penginderaan jauh merupakan metode yang dapat memberikan informasi akurat untuk mengukur suhu [7]. Salah satu sumber data yang dapat digunakan untuk menganalisis suhu permukaan berasal dari Landsat 8. Citra Landsat 8 membawa band termal yaitu band 10 dan 11 yang dapat memberikan informasi tentang nilai suhu dari kecerahan objek atau disebut dengan *Brighness Temperature (BT)*. Nilai BT ini kemudian akan dianalisis untuk mendapatkan informasi nilai suhu permukaan.

Ada beberapa faktor yang dapat menjadikan nilai suhu permukaan semakin tinggi. Faktor tersebut diantaranya adalah berkurangnya vegetasi, berkurangnya jumlah presipitasi/kelembaban, dan bertambahnya lahan terbangun. Senada dengan penelitian [8] [9] bahwa perubahan penggunaan lahan atau tutupan lahan memiliki hubungan yang signifikan dengan kenaikan suhu permukaan. Faktor lain yang menambah semakin tingginya suhu permukaan adalah kadar zat metana di dalam udara. Semakin tinggi jumlah metana maka semakin tinggi nilai suhu permukaan [10]. Faktor



yang dinilai memiliki pengaruh cukup tinggi adalah hubungan suhu permukaan dengan penutup lahan. Pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang pesat, mengakibatkan tersediaannya lahan kosong/terbuka yang bervegetasi menjadi berkurang dan peningkatan lahan terbangun yang berpengaruh terhadap perubahan suhu permukaan [11]. Penelitian [1] memberikan gambaran umum bahwa vegetasi memiliki korelasi negatif dengan suhu permukaan. Nilai tingkat kehijauan vegetasi sendiri dapat menjadi rujukan dalam pengukuran tingkat kehijauan karena adanya aktivitas klorofil di dalamnya [12]). Respon klorofil dalam menyerap panjang gelombang merah dan memantulkan panjang gelombang inframerah digunakan untuk menghitung indeks vegetasi. Nilai indeks ini memiliki rentang antara -1 hingga 1, dimana -1 hingga 0 merupakan non vegetasi dan nilai 0-1. Semakin hijau suatu vegetasi maka nilainya akan mendekati 1.

Faktor selanjutnya adalah pengaruh lahan terbangun. Pada umumnya suhu permukaan tanah tertinggi terdapat di pusat kota dan menurun secara bertahap ke arah pinggir kota sampai ke desa [13]. Berbagai penelitian juga menunjukkan adanya korelasi positif antara suhu permukaan tanah dan indeks lahan terbangun [2][14][4][15]. Pada umumnya titik panas pada kajian suhu permukaan terdistribusi pada area dengan gedung bertingkat [16]. Bangunan tinggi akan mempengaruhi sirkulasi udara dimana panas akan terjebak diantara bangunan yang menyebabkan adanya *urban heat island* [7]. Kesimpulannya, semakin tinggi bangunan maka akan semakin memberikan korelasi positif terhadap suhu permukaan [16]. Derajat tutu pan lahan terbangun sendiri dinyatakan dalam NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) dengan melibatkan saluran SWIR (*short wave infrared*) dan NIR (*near infrared*). Indeks lahan terbangun memiliki rentang -1 hingga 1 dimana nilai -1 hingga 0 merupakan lahan non terbangun. Semakin mendekati 1 maka bangunan dapat dikatakan semakin rapat atau semakin meninggi.

Selain faktor penutup lahan, pengaruh faktor cuaca juga dianggap penting yaitu kelembaban. Di beberapa penelitian, indeks kelembaban memiliki pengaruh terbesar kaitannya dengan suhu permukaan [17]. Suhu permukaan memiliki korelasi negatif dengan kelembaban [10]. Hal ini berarti semakin tinggi kelembaban di suatu wilayah maka suhu permukaan tanah akan semakin rendah. Formula indeks kelembaban yang dipilih adalah dengan NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*) dari Landsat 8. Nilai indeks kelembaban ini memiliki kisaran -1 hingga 1. Nilai -1 hingga 0 menunjukkan area yang kering, sedangkan nilai 0-1 menunjukkan area lembab. Semakin menuju ke nilai 1 maka semakin lembab.

Suhu permukaan di Kota Yogyakarta sangat penting untuk dikaji terutama hubungannya dengan perubahan penutup lahan. Tahun 2013 dan 2023 dipilih untuk rentang waktu kajian penelitian. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui berapa derajat kenaikan suhu permukaan di Kota Yogyakarta dan bagaimana prosentasi pengaruh perubahan penutup lahan terhadap kenaikan suhu permukaan di Kota Yogyakarta. Besarnya analisis per penutup lahan dan prosentase pengaruhnya terhadap suhu permukaan menjadi pembeda dengan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai analisis dan penentuan kebijakan dalam dalam pengendalian suhu permukaan di Kota Yogyakarta.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kota Yogyakarta, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta sendiri memiliki luas 32,5 km² dengan jumlah penduduk 4.073.907 jiwa. Kota Yogyakarta terletak di koordinat 110°24'19"-110°28'53" Bujur Timur dan antara 07°15'24"-07°49'26" Lintang Selatan. Penelitian menggunakan citra Landsat 8 tahun 2013 dan 2023 perekaman Bulan September (band 3,4,5,6,10, dan 11). Data pendukung lain yang diperlukan adalah data administrasi Kota Yogyakarta, data BPS berupa jumlah kendaraan bermotor, dan data polusi udara dari Citra Sentinel 5b. Analisa data menggunakan ArcGis 10.8 dan analisa citra penginderaan jauh menggunakan *Google Earth Engine*. Bulan September dipilih dikarenakan pada Bulan September Kota Yogyakarta masuk pada musim kemarau. Pada bulan tersebut, citra yang diperoleh cenderung lebih bersih dari awan dibandingkan pada bulan lain.

Beberapa langkah dalam proses penelitian ini diantaranya adalah 1) koreksi citra; 2) pengolahan citra untuk mendapatkan suhu permukaan; 3). pengolahan citra untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi, indeks lahan terbangun, dan indeks kelembaban; 4) pengambilan sampling untuk analisis korelasi linear; 5) dan analisis. Berikut penjelasan pada masing-masing langkah:

2.1 Koreksi Citra

Citra Landsat 8 yang telah didownload dari *earthexplorer* kemudian dilakukan koreksi. Nilai *piksel* yang masih dalam bentuk DN (*Digital Number*) selanjutnya diubah ke nilai *Radiance* yang sudah terkoreksi.

2.2 Mengolah citra Landsat 8 hingga memperoleh nilai suhu permukaan

Saluran termal Landsat 8 yaitu band 10 dan 11 digunakan untuk mendapatkan data *termal*. Setelah terkoreksi radiometrik, nilai suhu kecerahan / BT (*Brightness Temperature*) dikonversi ke Celcius. Nilai ini kemudian ditambahkan nilai indeks vegetasi, PV (*Propotion of Vegetation*), dan emisivitas untuk mendapatkan nilai suhu permukaan. Indeks vegetasi yang dipilih adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan rumus di persamaan 1 dibawah ini.

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R) \dots\dots\dots (1)$$



(NIR-R)/(NIR+R). Dari citra Landsat 8, NIR (*Near Infra Red*) merupakan saluran band 5 dan R (*Red*) merupakan saluran band 4. Hasil perhitungan NDVI kemudian digunakan untuk mengitung PV (*Propotion of Vegetation*) dengan rumus 2 dibawan ini :

$$PV = ((NDVI - NDVI_{min})/NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \dots \dots \dots (2)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung emisivitas. Emisivitas (ϵ) merupakan kemampuan benda atau permukaan untuk memancarkan radiasi dibandingkan dengan benda hitam pada suhu yang sama. Rumus ϵ sendiri adalah $0.004 PV + 0.986$. Hasil perhitungan emisivitas (ϵ) ini kemudian digunakan untuk menghitung suhu permukaan tanah dengan persamaan 3.

$$\text{Suhu permukaan} = (BT/(1 + (0,00115 * BT/1,4388) * \text{Ln}(\epsilon))) \dots \dots \dots (3)$$

2.3 Mengolah citra Landsat 8 hingga untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi, indeks lahan terbangun, dan indeks kelembaban

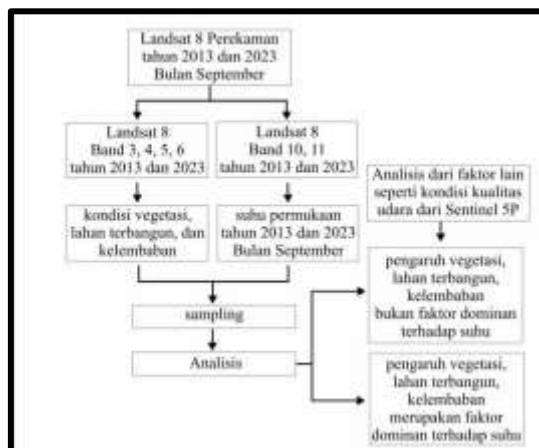
Penutup lahan yang dipilih untuk kajian ini adalah vegetasi dan lahan terbangun. Nilai kerapatan vegetasi dan lahan terbangun diduga merupakan variabel yang cukup berpengaruh terhadap suhu permukaan. Faktor tambahan lain yang dimasukkan adalah kelembaban. Untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi digunakanlah indeks vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), untuk indeks lahan terbangun digunakan NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*), dan untuk kelembaban digunakan NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*).

2.4 Membuat sampling untuk mengetahui pengaruh vegetasi, lahan terbangun, kelembaban, terhadap suhu permukaan

Sampling untuk mengetahui hubungan suhu permukaan dengan vegetasi, lahan terbangun, dan pengaruh kelembaban dilakukan dengan menentukan titik sample melalui *Data Management Tool* dengan metode *fishnet*. Sample ditentukan dengan mengambil jarak 135 m x 135 m dan melakukan ekstraksi nilai suhu, indeks vegetasi, indeks lahan terbangun, dan indeks kelembaban. Total sampel yang digunakan sejumlah 1500 titik. Ekstraksi ini dilakukan untuk tahun 2013 dan 2023 dan melakukan analisa untuk tren pengaruh penutup lahan (vegetasi dan lahan terbangun) ditambah faktor kelembaban terhadap suhu permukaan.

2.5 Analisis

Analisis dilakukan tahun 2013 dan 2023 untuk mendapatkan hubungan suhu permukaan dengan kondisi tutupan lahan (vegetasi dan lahan terbangun) dan kelembaban, serta faktor kemungkinan lain yang dapat menyebabkan kenaikan suhu permukaan. Untuk lebih lengkapnya, metode dari penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



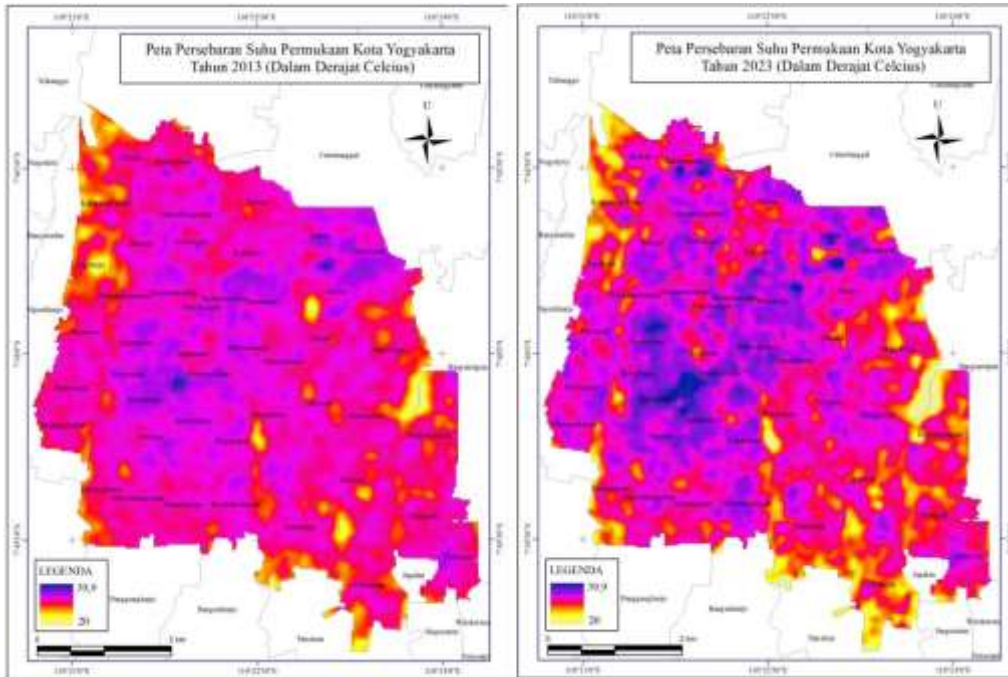
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Dari perhitungan analisa suhu permukaan melalui citra satelit, diperoleh hasil bahwa nilai rata-rata suhu permukaan di Kota Yogyakarta naik dari 30,59^oC menjadi 30,97^oC atau mengalami kenaikan sebesar 0,38^oC. Sebagian besar Kota Yogyakarta mengalami kenaikan suhu. Luas area Kota Yogyakarta yang mengalami kenaikan suhu sebesar

2563,7 Ha (78,2 %) sedangkan luas area di Yogyakarta yang tidak mengalami kenaikan atau bahkan penurunan suhu seluas 716,5 Ha (21,8 %). Berikut Gambar 2 merupakan peta suhu permukaan di Kota Yogyakarta.

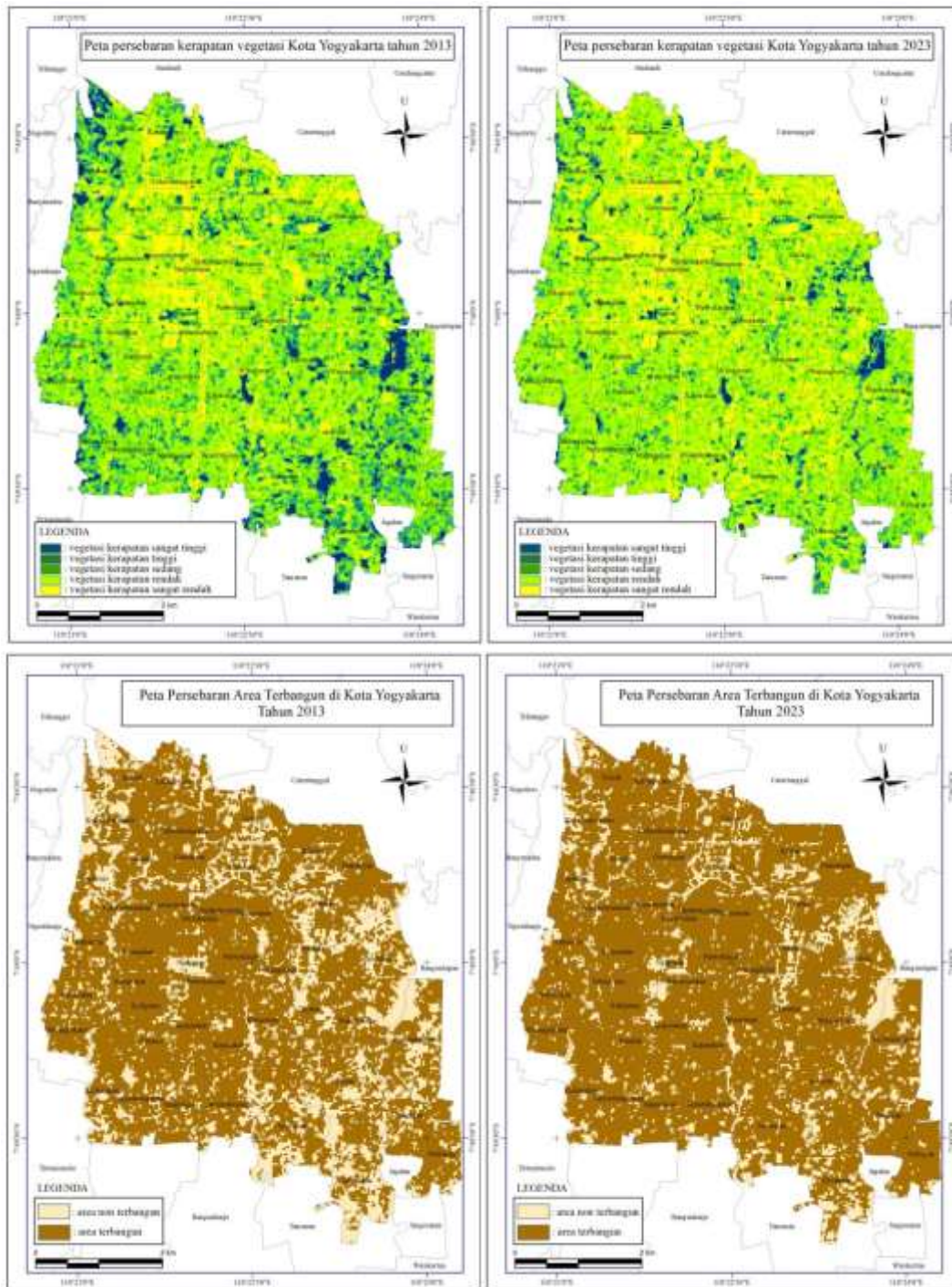


Gambar 2. Peta persebaran suhu permukaan di Yogyakarta tahun 2013 dan 2023. Sumber : (Pengolahan Data, 2024)

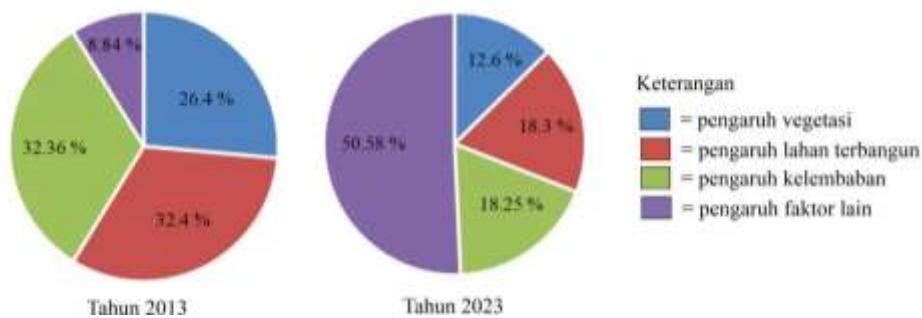
Ada beberapa faktor yang dianggap berpengaruh terhadap kenaikan suhu permukaan di Kota Yogyakarta. Faktor tersebut adalah vegetasi, lahan terbangun, dan kelembaban. Ketiga faktor tersebut dianalisis untuk mengetahui hubungan keeratan terhadap suhu permukaan. Analisis pertama adalah vegetasi. Sebagian besar wilayah di kota Yogyakarta mengalami penurunan vegetasi. Luas wilayah di Kota Yogyakarta yang mengalami penurunan sebesar 2847,9 Ha (86,8%) dan hanya 430,3 Ha (13,2%) saja yang terlihat mengalami penambahan vegetasi. Jika dilihat dari hubungan korelasi antara vegetasi dengan kenaikan suhu, dapat disimpulkan bahwa di tahun 2013 indeks vegetasi memiliki pengaruh 26,38 % terhadap suhu permukaan dan terjadi penurunan di tahun 2023 menjadi 12,64 %.

Analisis kedua adalah perhitungan lahan terbangun. Analisis ini menggunakan indeks NDBI. Hampir seluruh area di Kota Yogyakarta mengalami kenaikan indeks lahan terbangun. Luasan area di Kota Yogyakarta yang mengalami kenaikan tersebut sebesar 2622,9 Ha (80%) dan hanya 654,9 Ha (20%) yang tetap/mengalami penurunan. Pembangunan di Kota Yogyakarta sendiri sudah mengarah ke bangunan berlantai lebih dari 1. Hubungan pengaruh suhu permukaan dengan lahan terbangun berkorelasi positif. Pada tahun 2013, lahan terbangun memiliki hubungan keeratan dengan suhu permukaan sebesar 32,4 %, sedangkan 2023 hubungan tersebut mengalami penurunan menjadi 18,3 % saja.

Analisa selanjutnya adalah kondisi cuaca dalam hal ini kelembaban dengan NDMI. Tahun 2013 area lembab di Kota Yogyakarta adalah 891,9 Ha sedangkan 2023 seluas 546,9 Ha. Dari peta tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengurangan luas kelembaban 345 Ha selama 1 dekade. Dapat dikatakan pula bahwa Kota Yogyakarta di tahun 2023 lebih kering dibandingkan dengan tahun 2013. Hasil analisis dari sample hubungan antara suhu permukaan dengan indeks kelembaban berbanding terbalik. Pada tahun 2013 pengaruh indeks kelembaban sebesar 32,36 % sedangkan tahun 2023 menurun menjadi 18,25 %. Simpulan analisis ini disajikan dalam Gambar 3 (a) dan 3 (b) dibawah ini.



Gambar 3(a) Perubahan tutupan lahan vegetasi dan lahan terbangun Kota Yogyakarta. Sumber : Pengolahan Data 2024



Gambar 3(b). Analisa faktor yang mempengaruhi suhu permukaan di Kota Yogyakarta tahun 2013 dan 2023. Sumber : Pengolahan Data, 2024.

3.2 Pembahasan

Uji akurasi hasil klasifikasi penutup lahan baik kerapatan vegetasi dan lahan terbangun dilakukan pada 70 titik secara *purposive sampling*. Uji akurasi dilakukan pada objek yang mudah diidentifikasi baik dengan cek lapangan maupun dari *google street view*. Objek yang mudah dikenali tersebut seperti alun-alun, jalan, stasiun, taman kota, dsb. Dalam uji akurasi klasifikasi penutup lahan tersebut diperoleh akurasi 88,06 % dimana nilai ini termasuk sangat baik [18].

Tahun 2013, tutupan lahan masih menjadi faktor dominan dalam pengendalian suhu permukaan di Kota Yogyakarta yaitu sebesar 91,16%, sedangkan di tahun 2023 tutupan lahan pengaruh tutupan lahan menurun menjadi 49,42 %. Faktor pengaruh terbesar di tahun 2023 berasal dari faktor lain. Faktor lain yang belum diketahui ini memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap suhu permukaan di Kota Yogyakarta yaitu sebesar 50,58 %.

Ada banyak kemungkinan dari pengaruh faktor lain tersebut. Salah satu pengaruh yang diduga kuat adalah pengaruh pemanasan global karena emisi gas rumah kaca. Pemanasan global mengalami peningkatan pesat sejak 1980an yang menyebabkan kenaikan suhu [19]. Berdasarkan referensi, terjadinya peningkatan suhu global (salah satunya adalah suhu permukaan) dapat disebabkan karena peningkatan polutan di udara [19][20]. Data ini senada dengan peningkatan populasi kendaraan di Kota Yogyakarta. Tahun 2012 tercatat bahwa kendaraan bermotor di Kota Yogyakarta sebanyak 257.231 kendaraan [21]. Di tahun 2022 terjadi peningkatan menjadi 576.016 kendaraan [22]. Kendaraan yang dimaksud adalah mobil penumpang, bus, mobil barang, kendaraan khusus barang, dan sepeda motor. Selama kurun waktu tersebut terjadi kenaikan kendaraan bermotor yang sangat signifikan yaitu 124%.

Kendaraan bermotor sendiri menghasilkan polutan seperti timbal, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen dioksida, metana dsb yang berdampak langsung pada pemanasan global. Pendekatan yang paling memungkinkan untuk mengetahui pengaruh kendaraan dan hubungannya dengan suhu adalah membandingkan data saat terjadi pandemi dengan kondisi normal. Saat pandemi, sebagian besar aktivitas manusia berada di dalam rumah, hanya pekerja vital yang diizinkan untuk melakukan aktivitas diluar. Hasilnya suhu rata-rata di Kota Yogyakarta saat pandemi adalah 30,14⁰ C yang berarti suhu terendah dari tahun 2013-2023. Dari pengolahan data Citra Sentinel 5P (Gambar 4), diperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan pengaruh dari zat-zat polutan seperti NO, CH₄, dan CO terhadap suhu permukaan di Kota Yogyakarta. Adanya kajian yang komprehensif dari pengolahan citra satelit inilah dapat diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi suhu permukaan.



Gambar 4. Analisa faktor pengaruh kualitas udara terhadap suhu permukaan saat pandemi (tahun 2020) dan 2023. Sumber : Pengolahan Data, 2024.

4. KESIMPULAN

Selama tahun 2013 hingga 2023 suhu permukaan di Kota Yogyakarta mengalami peningkatan 0,38⁰ C. Selama 10 tahun tersebut terjadi banyak sekali perubahan penutup lahan baik dari vegetasi maupun lahan terbangun. Terkait kebijakan pengendalian suhu di Kota Yogyakarta, kebijakan penambahan jumlah vegetasi dan pengendalian lahan terbangun masih memungkinkan di tahun 2013. Suhu di Kota Yogyakarta masih sangat erat dipengaruhi oleh vegetasi, lahan terbangun, dan kelembaban. Akan tetapi, kebijakan tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan suhu rata-rata di Kota Yogyakarta di tahun 2023. Ada faktor dominan yang lebih mempengaruhi suhu di Kota Yogyakarta yaitu kualitas udara. Dari penelitian disimpulkan bahwa pengendalian suhu yang efektif untuk menurunkan suhu permukaan di Kota Yogyakarta adalah dengan pengendalian jumlah polusi melalui pembatasan kendaraan bermotor yang beroperasi di Kota Yogyakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH



Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik khususnya untuk pendanaan internal yang disediakan oleh LPPM Universitas Amikom Yogyakarta dengan nomor surat 8565/KONTRAK-LPPM/AMIKOM/XI/2023.

REFERENSI

- [1] D. Kosasih, I. Nasihin, and E. R. Zulkarnain, "Deteksi Kerapatan Vegetasi dan Suhu Permukaan Tanah Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Stasiun Penelitian Pasir Batang Taman Nasional Gunung Ciremai)," *Konserv. untuk Kesejaht. Masy.*, vol. 1, pp. 162–173, 2019.
- [2] M. S. Malik, J. P. Shukla, and S. Mishra, "Relationship of LST, NDBI and NDVI using landsat-8 data in Kandaihimmat watershed, Hoshangabad, India," *Indian J. Geo-Marine Sci.*, vol. 48, no. 1, pp. 25–31, 2019.
- [3] L. Anisa *et al.*, "Indonesia's Participation in Responding to Global Warming Issues," *Sci. Environ. Journals Postgrad.*, vol. 4, no. 1, pp. 54–62, 2021, [Online]. Available: <http://senjop.pj.unp.ac.id/index.php/senjop>
- [4] D. H. García, M. Riza, and J. A. Díaz, "Land Surface Temperature Relationship with the Land Use/Land Cover Indices Leading to Thermal Field Variation in the Turkish Republic of Northern Cyprus," *Earth Syst. Environ.*, vol. 7, no. 2, pp. 561–580, 2023, doi: 10.1007/s41748-023-00341-5.
- [5] N. I. Gusmiarti, Y. Prasetyo, and N. Bashit, "Analisis Korelasi Land Surface Temperature (LST) dengan Penerapan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PKM) (Studi Kasus : Kawasan Sentra Pengasapan Ikan, Bandarharjo, Semarang)," *Elipsoida J. Geod. dan Geomatika*, vol. 5, no. 2, pp. 61–68, 2022, doi: 10.14710/elipsoida.2022.16741.
- [6] I. Dar, J. Qadir, and A. Shukla, "Estimation of LST from multi-sensor thermal remote sensing data and evaluating the influence of sensor characteristics," *Ann. GIS*, vol. 25, no. 3, pp. 263–281, Jul. 2019, doi: 10.1080/19475683.2019.1623318.
- [7] N. R. Mahanta and A. K. Samuel, "Study of Land Surface Temperature (LST) and Land Cover for Urban Heat Island (UHI) Analysis in Dubai," in *2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*, 2020, pp. 1285–1288. doi: 10.1109/ICRITO48877.2020.9198038.
- [8] F. P. Arvelia, A. N. A. S. Bahar, A. F. Pramitha, A. N. Ardiansyah, and S. Bahar, "Analisis Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan terhadap LST di Kota Tangerang," *Bul. Meteorol. Klimatologi, Dan Geofis.*, vol. 4, no. 5, pp. 10–21, 2023.
- [9] N. F. Mulyana, F. Usman, and A. W. Hasyim, "Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan Di Kawasan Perkotaan Karawang," *Plan. Urban Reg. Environ. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 77–84, 2023, [Online]. Available: <https://purejournal.uib.ac.id/index.php/article/view/466>
- [10] S. Javadinejad, S. Eslamian, and K. Ostad-Ali-Askari, "Investigation of monthly and seasonal changes of methane gas with respect to climate change using satellite data," *Appl. Water Sci.*, vol. 9, no. 8, pp. 3–10, 2019, doi: 10.1007/s13201-019-1067-9.
- [11] L. Y. Murni, I. M. Yuliara, and W. Windaryoto, "Distribusi Land Surface Temperature (LST) Menggunakan Metode Spasial Berdasarkan Citra Landsat 8 di Kabupaten Manggarai Nusa Tenggara Timur Pada Periode Juni-Juli 2015-2019," *Bul. Fis.*, vol. 24, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.24843/bf.2023.v24.i01.p01.
- [12] S. Hussain *et al.*, "Relation of land surface temperature with different vegetation indices using multi-temporal remote sensing data in Sahiwal region, Pakistan," *Geosci. Lett.*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: 10.1186/s40562-023-00287-6.
- [13] A. F. N. Insan and F. V. A. S. Prasetya, "Sebaran Land Surface Temperature Dan Indeks Vegetasi Di Wilayah Kota Semarang Pada Bulan Oktober 2019," *Bul. Poltanesa*, vol. 22, no. 1, pp. 45–52, 2021, doi: 10.51967/tanesa.v22i1.471.
- [14] M. A. Hossain, S. Sultana, and M. R. Siddiqui, "Effects of the Nature of Urban Development on Land Surface Temperature (LST) at the Neighbourhood Scale in Dhaka City, Bangladesh," *Environ. Urban. ASIA*, vol. 13, no. 2, pp. 284–303, 2022, doi: 10.1177/09754253221121299.
- [15] G. S. Jannah and F. Bioresita, "Pemantauan Land Surface Temperature (LST) dan Kaitannya dengan Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kota Surabaya Tahun 2014-2022)," *J. Tek. ITS*, vol. 12, no. 2, 2023, doi: 10.12962/j23373539.v12i2.122579.
- [16] S. Yin, J. Liu, and Z. Han, "Relationship between urban morphology and land surface temperature—A case study of Nanjing City," *PLoS One*, vol. 17, no. 2 February, pp. 1–17, 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0260205.
- [17] J. Tan, D. Yu, Q. Li, X. Tan, and W. Zhou, "Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China," *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-66168-6.
- [18] J. R. Landis and G. G. Koch, "The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data," *Biometrics*, vol. 33, no. 1, pp. 159–174, Jun. 1977, doi: 10.2307/2529310.
- [19] K. Abbass, M. Z. Qasim, H. Song, M. Murshed, H. Mahmood, and I. Younis, "A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 28, pp. 42539–42559, 2022, doi: 10.1007/s11356-022-19718-6.
- [20] G. Suthar, R. P. Singhal, S. Khandelwal, and N. Kaul, "Spatiotemporal variation of air pollutants and their relationship with land surface temperature in Bengaluru, India," *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.*, vol. 32, p. 101011, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101011>.
- [21] BPS, *Kota Yogyakarta Dalam Angka 2013*. Badan Pusat Statistik, 2013. [Online]. Available: <https://jogjakota.bps.go.id/publication/2013/07/09/f002af7b53202cfc9b109bbe/kota-yogyakarta-dalam-angka-2013.html>
- [22] BPS, *Kota Yogyakarta Dalam Angka 2023*. 2023. [Online]. Available: <https://jogjakota.bps.go.id/publication/2023/02/28/9510c8b16be475ce64f99471/kota-yogyakarta-dalam-angka-2023.html>