



Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap *land surface temperature* di Desa Papringan, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Semarang berbasis penginderaan jauh

CALVIN LEVYANTO PRAMONO^{1*}, FARAH MEILANI¹, ANGGI DWIKI REZA¹,
RISMA SALSABILA FORESTY¹

¹ Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret; Surakarta, Jawa Tengah, 57126, Indonesia

* Korespondensi: calvynlvp@student.uns.ac.id

Diterima:

Disetujui: 20 Desember 2023

ABSTRAK

Latar Belakang: Kabupaten Semarang merupakan salah satu wilayah pesisir utara Pulau Jawa yang mengalami peningkatan jumlah penduduk tiap tahunnya. Hal ini mengakibatkan perubahan penggunaan lahan ruang terbuka hijau menjadi daerah permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan vegetasi terhadap suhu permukaan (*land surface temperature* atau *LST*). **Metode:** Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh *software* ArcGIS 10.3 dengan menggunakan data citra *landsat* 7 tahun 2002 dan 2012 serta *landsat* 8 tahun 2022. **Temuan:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan vegetasi berpengaruh terhadap *LST*. Hal ini terlihat dari nilai korelasi yang menunjukkan korelasi cukup pada 2002 serta korelasi kuat pada 2012 dan 2022 serta bernilai negatif yang menandakan bahwa makin tinggi nilai kerapatan vegetasi, maka makin rendah suhu permukaan. Nilai *NDVI* tertinggi ada pada 2012 dengan luas kerapatan vegetasi sebesar 160.2796 hektare dan suhu dominan pada rentang 27,5—30°C. Selain kerapatan vegetasi, faktor yang berkaitan dengan *LST* adalah perilaku manusia, seperti pembakaran sampah secara terbuka. **Kesimpulan:** Salah satu mitigasi yang dapat digunakan untuk menangani perubahan iklim adalah dengan program kampung iklim, seperti peningkatan tutupan vegetasi, budidaya pertanian rendah emisi, serta pengelolaan sampah, limbah padat, dan cair.

KATA KUNCI: Desa Papringan; *land surface temperature*; *NDVI*; penginderaan jauh.

ABSTRACT

Background: Semarang Regency is one of the northern coastal areas of Java Island which experiences an increase in population every year. This has led to a change in the use of green open spaces in residential areas. This research aims to determine the effect of changes in vegetation on surface temperature (*land surface temperature* or *LST*). **Methods:** This research uses remote sensing methods with ArcGIS 10.3 software using Landsat 7 image data for 2002 and 2012 and Landsat 8 for 2022. **Finding:** The results of the research show that changes in vegetation affect *LST*. This can be seen from the correlation value which shows a sufficient correlation in 2002 and a strong correlation in 2012 and 2022 and has a negative value which indicates that the higher the vegetation density value, the lower the surface temperature. The highest *NDVI* value was in 2012 with a vegetation density area of 160.2796 hectares and a dominant temperature in the range of 27.5-30°C. Apart from vegetation density, factors related to *LST* are human behaviour, such as open burning of waste. **Conclusion:** One mitigation that can be used to deal with climate change is the climate village program, such as increasing vegetation cover, low-emission agricultural cultivation, as well as waste, solid and liquid waste management.

Cara Pengutipan:

Pramono, C. L., Meilani, F., Reza, A. D., & Foresty, R. S. (2024). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap *land surface temperature* di Desa Papringan, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Semarang berbasis penginderaan jauh. *CRSUSF: Critical Issue of Sustainable Future*, 1(1), 1-16. <https://doi.org/10.61511/crsusf.v1i1.556>.

Copyright: © 2024 dari Penulis. Dikirim untuk kemungkinan publikasi akses terbuka berdasarkan syarat dan ketentuan dari the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



KEYWORDS: *Papringan Village; land surface temperature; NDVI; remote sensing.*

1. Pendahuluan

Desa Papringan merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Kabupaten Semarang merupakan salah satu wilayah pesisir utara Pulau Jawa yang mengalami peningkatan jumlah penduduk tiap tahunnya. Hal ini mengakibatkan perubahan penggunaan lahan ruang terbuka hijau menjadi daerah permukiman. Menurut BPS (2023), penduduk Kabupaten Semarang sampai tahun 2022 berjumlah 1.068.492 jiwa dengan luas wilayah seluas 1.019 km². Makin tinggi kepadatan penduduk di suatu wilayah mengakibatkan fenomena perubahan iklim makin terasa (Hamdani & Susanti, 2017). Fenomena perubahan iklim pada beberapa tahun ke belakang disebabkan oleh perubahan suhu ekstrem di permukaan bumi. Hal ini mengakibatkan menipisnya lapisan ozon.

Berdasarkan laporan panel internasional tentang perubahan iklim (IPCC), permukaan bumi sudah mengalami pemanasan sejak pertengahan abad ke-18 hingga saat ini (Kogan dkk., 2019). Terdapat beberapa faktor-faktor yang menyebabkan fenomena perubahan iklim ini mulai dari sektor industri, sektor transportasi, dan sektor pertanian (Hamidy dkk., 2021). Kegiatan pada ketiga sektor ini menyebabkan perubahan suhu terjadi di permukaan bumi, antara lain, gas rumah kaca, knalpot kendaraan bermotor, pembakaran liar, penebangan liar (Rakuasa dkk., 2023). Gas rumah kaca ini makin diperparah oleh campur tangan manusia (Kwon dkk., 2018). Gas rumah kaca yang meningkat mempercepat proses pemanasan global terjadi. Selain itu banyak pelaku usaha pada sektor industri sering kali mengabaikan dampak lingkungan yang terjadi akibat proses produksi.

Suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda (Indarwati dkk., 2019). Suhu permukaan adalah bagaimana panas permukaan bumi menyentuh di lokasi tertentu. Suhu udara pada umumnya akan berbeda antara pusat kota dan perdesaan. Suhu udara di pusat kota cenderung lebih tinggi dibandingkan di perdesaan. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia cenderung lebih padat di perkotaan. Menurut Nugroho dkk. (2016), terjadi perubahan suhu secara signifikan di wilayah Kabupaten Semarang dari kelas 29°C—31°C pada 1997 ke kelas 33°C—34°C pada 2013. Fenomena peningkatan suhu di permukaan bumi merupakan salah satu bentuk perubahan iklim yang terjadi. Beberapa contoh fenomena perubahan iklim lainnya yang berkaitan dengan peningkatan suhu adalah perubahan curah hujan, peningkatan permukaan air laut, dan peningkatan intensitas kejadian ekstrem.

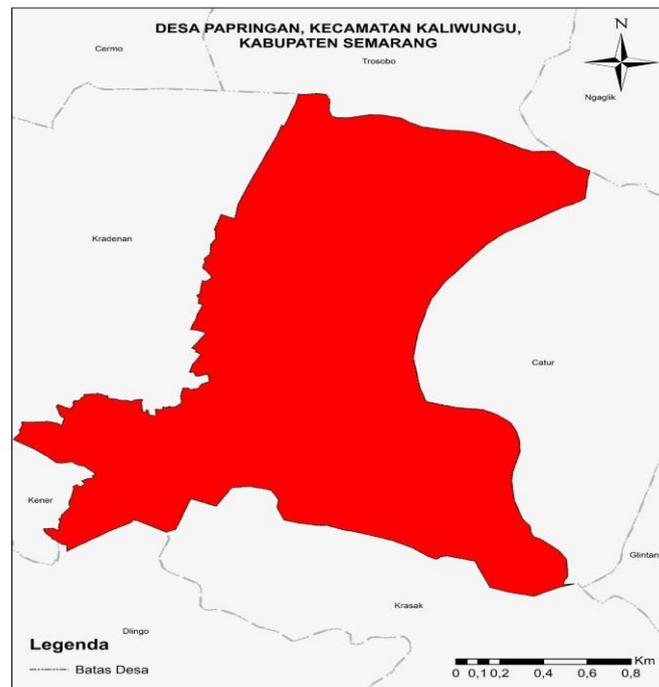
Meluasnya dampak perubahan iklim terhadap berbagai sektor menjadikan isu perubahan iklim menjadi permasalahan yang harus segera ditangani. Oleh karena itu, terbentuklah *Paris Agreement* yang menjadi awal mula dalam memerangi perubahan iklim, meningkatkan aksi dan investasi menuju masa depan yang rendah karbon, berketahanan iklim, serta berkelanjutan. Kesepakatan hasil *Paris Agreement* adalah menjaga kenaikan suhu global tidak lebih dari 2°C dan mendorong upaya membatasi kenaikan suhu lebih jauh ke 1,5°C di atas tingkat praindustri (Pemerintah Indonesia, 2016). Adapun batas aman kenaikan suhu global agar terhindar dari dampak terburuk perubahan iklim adalah kurang dari 1,5°C (Nuringsih dkk., 2022). Akan tetapi, pada kenyataannya, peningkatan suhu di Kabupaten Semarang melebihi batas aman kenaikan suhu global. Salah satu perilaku yang dapat diterapkan untuk meminimalisasi dampak perubahan iklim ialah pembangunan berkelanjutan atau *sustainable development goals* (SDGs). SDGs yang dikemas dalam 17 tujuan, 169 target, dan 289 indikator merupakan agenda yang diadakan oleh PBB sebagai acuan dalam menangani perubahan iklim (Rahman dkk., 2023). Terdapat 12 dari 17 tujuan SDGs yang mempunyai target terkait iklim, pendidikan, ketahanan pangan, energi, dan kehutanan. Tujuan SDGs terkait dengan krisis iklim terdapat pada poin 13 dengan tiga target di dalamnya. Oleh karena itu, untuk

mencapai salah satu target dari tujuan ke-13 *SDGs*, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan vegetasi terhadap suhu permukaan (*land surface temperature*) sehingga dapat meningkatkan kesadaran terkait mitigasi dan adaptasi mengenai perubahan iklim.

2. Metode

2.1 Wilayah penelitian

Desa Papringan merupakan salah satu desa di Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Semarang dengan luas wilayah kurang lebih 38 hektare dengan jumlah penduduk mencapai 2.821 jiwa. Desa Papringan terdiri dari 12 dukuh yang tergabung ke dalam enam wilayah kadus dan 21 RT. Letak geografisnya di sebelah barat berbatasan dengan Desa Kradenan dan Kedesan; di sebelah selatan berbatasan dengan Desa Kener dan Sungai Buthak; di sebelah timur berbatasan dengan Toro. Sebagian besar masyarakatnya bekerja pada bidang pertanian dengan komoditas utama berupa padi. Hal tersebut disebabkan oleh Desa Papringan mempunyai tanah yang subur dan sistem irigasi yang memadai. Selain bidang pertanian, sebagian kecil masyarakatnya bekerja dalam bidang peternakan (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Sumber data dan pre-processing

Dalam penelitian ini citra satelit yang digunakan adalah citra satelit *landsat 7* tahun perekaman 2002 dan 2012 serta citra satelit *landsat 8* tahun perekaman 2022. Citra *landsat* tersebut diperoleh dari *Earth Explorer-USGS* pada earthexplorer.usgs.gov dengan tutupan awan <10%. Citra *landsat 7* mempunyai kemampuan dalam mengidentifikasi suhu permukaan dengan resolusi spasial yang memadai bagi pemetaan tutupan lahan dan mendeteksi kerapatan vegetasi. Sementara itu, citra *landsat 8* mempunyai kemampuan untuk menangkap gelombang elektromagnetik dengan rentang yang lebih panjang. *Landsat 8* juga sudah sering digunakan oleh para peneliti untuk mengidentifikasi dan

menganalisis fenomena di permukaan bumi (Gusmiarti, 2022). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan citra *landsat 8* karena mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi atau *normalized difference vegetation index (NDVI)* di Desa Papringan, Kaliwungu, Semarang. Citra satelit *landsat 7* dan *8* juga digunakan untuk menganalisis LST. *Pre-processing* citra dilakukan dengan koreksi radiometrik dan atmosfer serta ekstraksi suhu menggunakan QGIS versi 3.28.11. Tujuan koreksi radiometrik adalah mengurangi efek atmosfer pada citra yang dapat menyebabkan nilai reflektansi yang dipantulkan oleh objek mengalami gangguan (Sinaga dkk., 2020). Koreksi radiometrik dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan nilai *top of atmosphere (TOA)*.

2.3 Metode perhitungan dan rentang NDVI

Metode yang digunakan selanjutnya adalah NDVI, yang bertujuan untuk memperoleh nilai sebaran kerapatan vegetasi di Desa Papringan pada 2002, 2012 dan 2022. NDVI sudah banyak digunakan untuk memantau waktu dan besarnya bencana perkembangan musiman vegetasi serta menghubungkannya dengan faktor lingkungan, seperti suhu, curah hujan, dan fotoperiode (Filippa dkk., 2018). Menurut Saidi dkk. (2020), NDVI adalah metode standar yang bersumber dari citra satelit yang digunakan untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi pada tumbuhan. Adapun metode NDVI adalah dengan menggambarkan tingkat kehijauan. Nilai NDVI dapat diperoleh melalui perhitungan berikut (Xue & Su, 2017).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

(Pers. 1)

NDVI = normalized different vegetation index
NIR = near infrared

NDVI memiliki rentang nilai antara -1 (negatif) sampai 1 (positif). Rentang nilai antara 0.1 hingga 0.7 mewakili vegetasi. Nilai NDVI yang melebihi nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik (Marlina, 2022).

2.4 Metode perhitungan dan rentang LST

Langkah selanjutnya adalah perhitungan LST, yang bertujuan untuk memperoleh nilai suhu permukaan dengan memanfaatkan sensor termal. Citra yang digunakan dalam penelitian ini untuk ekstraksi suhu permukaan adalah *landsat 7* pada *band thermal 6*. Sementara itu, citra *landsat 8* lebih memilih menggunakan *band 10* dibandingkan dengan *band 11* karena pada *band 11* terdapat *stray light* yang berpengaruh terhadap *band* lain sehingga diperlukan algoritma *SC* untuk melakukan kalibrasi sensor dari *band 11* (Azhali & Jaelani, 2020). Perhitungan LST dilakukan dengan menggunakan *software ArcGis 10.8*. Terdapat dua persamaan rumus yang digunakan pada perhitungan LST dalam penelitian ini. Adapun persamaan rumus untuk menghitung LST pada *Landsat 7* adalah sebagai berikut.

1. Konversi DN ke radiance

$$L_{\lambda} = (L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}) / (Q_{\text{CALMAX}} - Q_{\text{CALMIN}}) * (Q_{\text{CALMAX}} - Q_{\text{CALMIN}}) + L_{\min\lambda}$$

Keterangan:

L_{λ} = sensor radiance

$L_{\max\lambda}$ = maximum radiance of band 6

$L_{\min\lambda}$ = minimum radiance of band 6

Q_{CALMAX} = maximum quantized calibrated pixel value in DN

Q_{CALMIN} = minimum quantized calibrated pixel value in DN

Seluruh data tersebut diperoleh dari file MTL yang terdapat pada citra satelit yang telah diunduh.

2. Mengubah *radiance* menjadi BT

$$T = K_2 / \ln (K_1 / L\lambda + 1)$$

Keterangan:

T: efektif pada suhu satelit dalam Kelvin

K_2 : konstanta kalibrasi 2, dengan $K_2 = 1282.71$

K_1 : konstanta kalibrasi 1, dengan $K_1 = 666.09$

3. Mengubah suhu Kelvin menjadi Celcius

$$C = K - 273.15$$

Persamaan rumus *Landsat 8* sebagai berikut:

1. Perhitungan pancaran spektral TOA

$$TOA (L) = M_L * Q_{cal} + A_L$$

Keterangan:

M_L = faktor penskalaan ulang perkalian spesifik *band* dari metadata (RADIANCE_MULT_BAND_x, dengan x adalah nomor band).

Q_{cal} = sesuai dengan *band 8*.

A_L = faktor penskalaan aditif khusus pita dari metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah nomor *band*).

$$TOA = 0,0003342 * "Band 8" + 0,1 \text{ raster calculator}$$

2. Konversi suhu TOA ke kecerahan

$$BT = (K_2 / (\ln (K_1 / L) + 1)) - 273,15$$

Keterangan:

K_1 = konstanta konversi termal spesifik band dari metadata (K1_CONSTANT_BAND_x, di mana x adalah nomor band termal).

K_2 = konstanta konversi termal spesifik band dari metadata (K2_CONSTANT_BAND_x, di mana x adalah nomor band termal).

$$L = TOA$$

$$BT = (1321.0789 / \ln ((774.8853 / "%TOA%") + 1)) - 273.15$$

3. Menghitung NDVI

$$NDVI = (\text{band 5} - \text{band 4}) / (\text{band 5} + \text{band 4})$$

Perhatikan bahwa perhitungan NDVI penting karena, selanjutnya, proporsi vegetasi (P_v), yang sangat terkait dengan NDVI, dan emisivitas (ϵ), yang terkait dengan P_v , harus dihitung.

$$NDVI = \text{Float} (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / \text{Float} (\text{Band 5} + \text{Band 4}).$$

4. Hitung proposi vegetasi P_v

$$P_v = \text{kuadrat} ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))$$

$$P_v = \text{kuadrat} (("NDVI" - 0,216901) / (0,632267 - 0,216901))$$

5. Hitung emisivitas ϵ

$$= 0,004 * P_v + 0,986$$

Cukup terapkan rumus di kalkulator raster, nilai 0,986 sesuai dengan nilai koreksi persamaan.

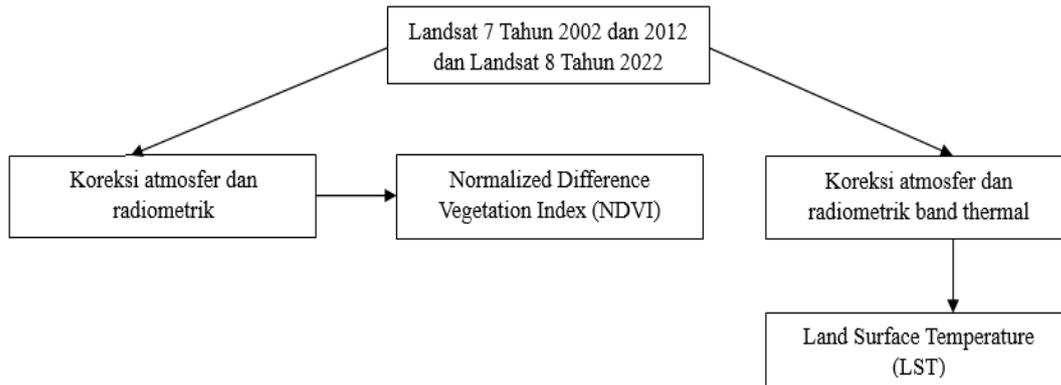
6. Hitung suhu permukaan tanah

$$LST = (BT / (1 + (0,00115 * BT / 1,4388) * \ln(\epsilon)))$$

Terakhir terapkan persamaan LST untuk mendapatkan peta suhu permukaan (selanjutnya lihat Tabel 1 dan Gambar 2).

Tabel 1. Range LST

Temperature	0 - 23,5	23,5 - 25,5	25,5 - 27,5	27,5 - 30	>30
-------------	----------	-------------	-------------	-----------	-----



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Layout NDVI dan LST

Berdasarkan Tabel 2, kelas 1 sampai 2 adalah area nonvegetasi, seperti permukiman, badan air, dan lahan kosong, sedangkan kelas dengan vegetasi rendah adalah kelas 3, seperti semak belukar, padang rumput, kemudian kelas dengan vegetasi sedang adalah kelas 4, di antaranya, yaitu sawah atau lahan pertanian. Sementara itu, kelas dengan vegetasi tinggi adalah kelas 5, seperti hutan dan perkebunan.

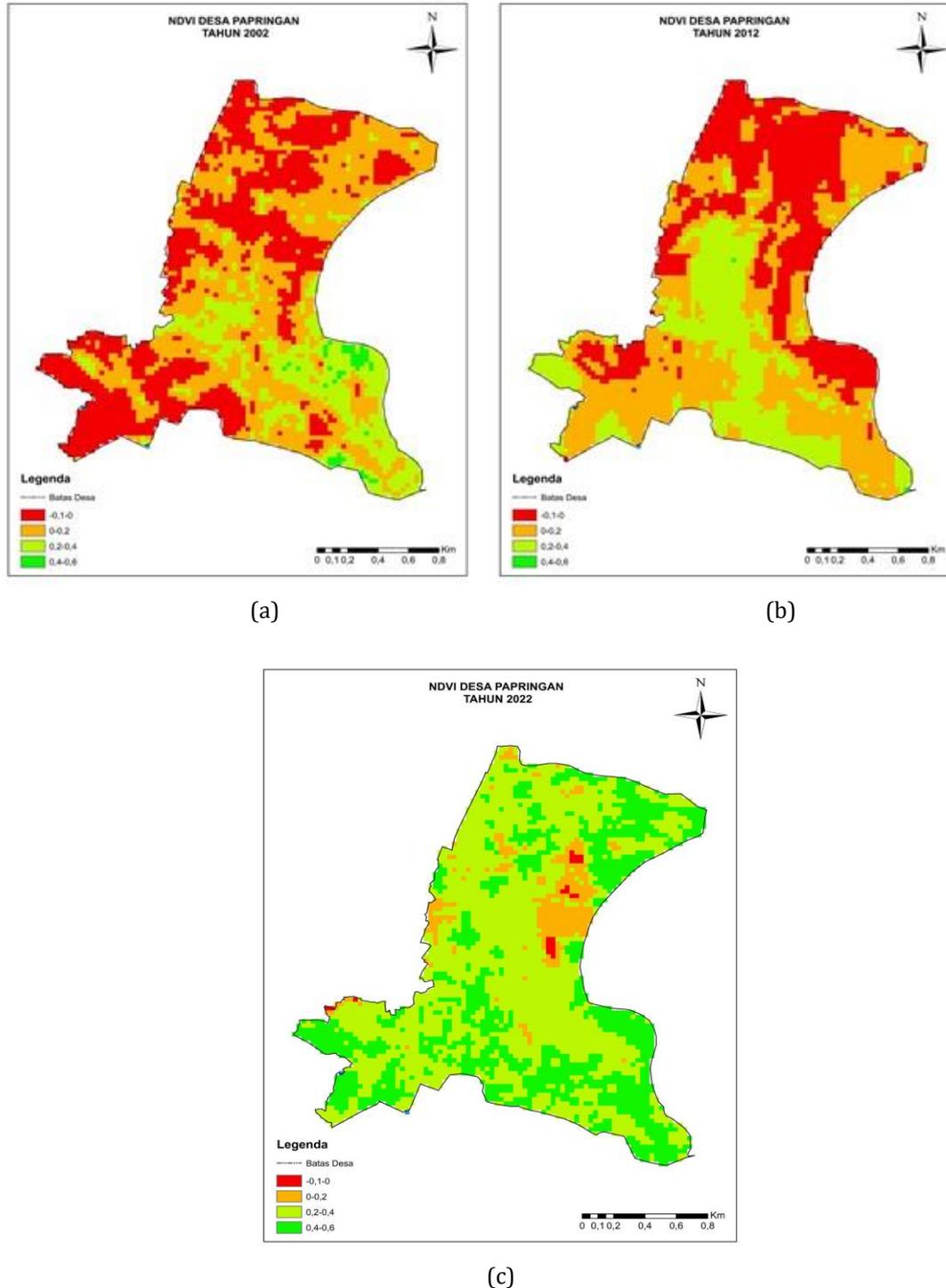
Tabel 2. Kisaran rentang kerapatan vegetasi

Kelas	Tingkat Kerapatan	Kisaran Nilai NDVI
1	Lahan tidak bervegetasi	-0.1 < NDVI < 0.00
2	Vegetasi sangat rendah	0.00 > NDVI < 0.2
3	Vegetasi rendah	0.2 > NDVI < 0.4
4	Vegetasi sedang	0.4 > NDVI < 0.6
5	Vegetasi tinggi	0.6 > NDVI < 1

(Awaliyan & Sulistyoadi, 2018)

Peta NDVI Desa Papringan yang menggunakan *landsat* 7 untuk tahun 2002 dan 2012 serta *landsat* 8 untuk tahun 2022 ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai NDVI dalam penelitian ini dikategorikan ke dalam empat kelas kelas: (i) -0,1-0; (ii) 0-0,2; (iii) 0,2-0,4, dan (iv) 0,4-0,6. Pada 2002, nilai NDVI masih cukup rendah, yang ditandai dengan dominasi warna

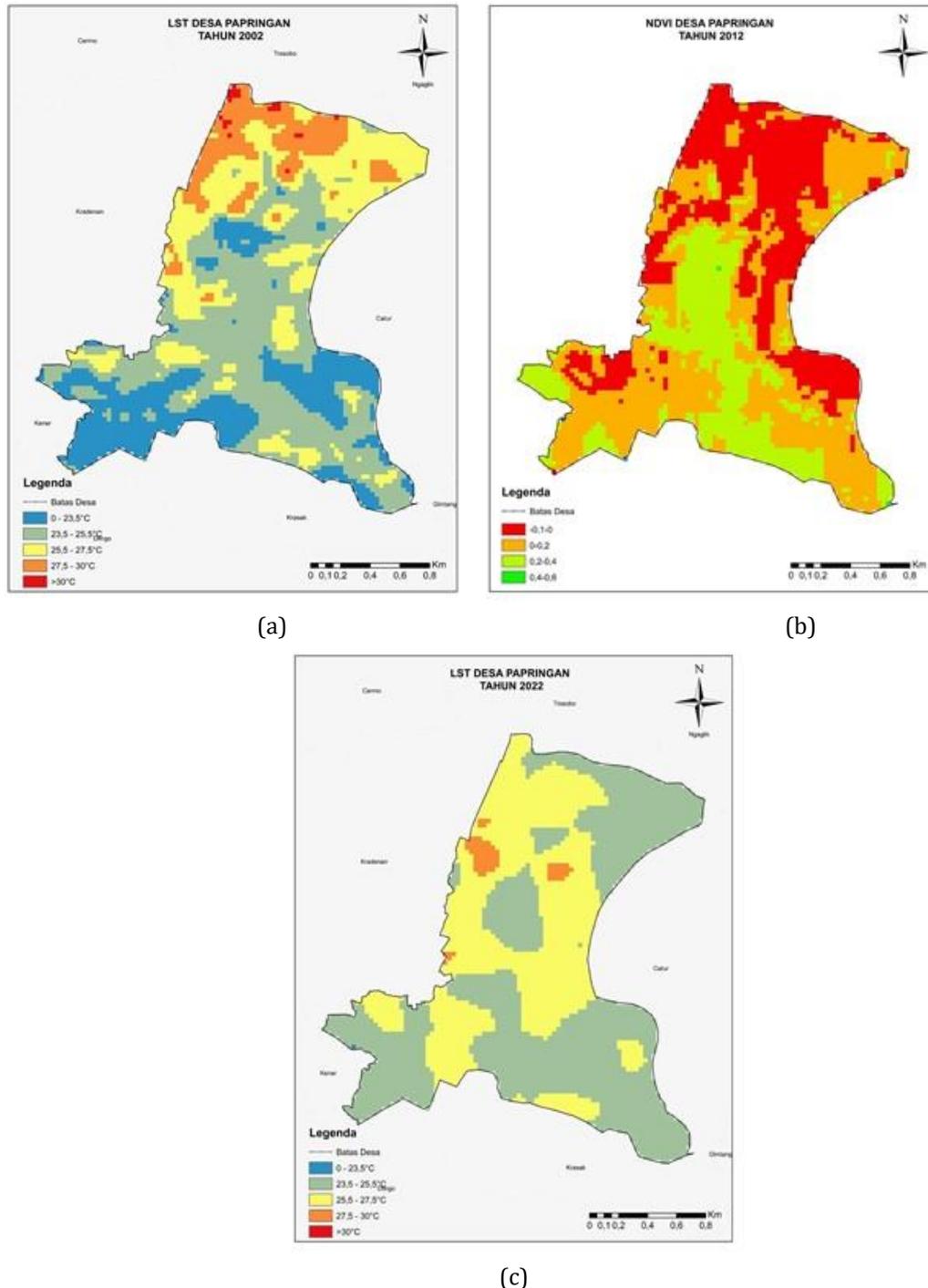
merah dan orange. Selanjutnya, pada 2012, nilai *NDVI* makin buruk, yang ditandai dengan hampir tidak ada wilayah di Desa Papringan yang memiliki nilai *NDVI* di atas 0,2. Sementara itu, pada 2022, nilai *NDVI* mengalami peningkatan yang cukup signifikan, yang ditandai dengan hampir seluruh wilayah Desa Papringan berwarna hijau yang menandakan bahwa nilai *NDVI* berkisar 0,2 hingga 0,6.



Gambar 3. Peta *NDVI* Desa Papringan tahun 2002 (a), 2012 (b) dan 2022 (c)

Peta *LST* Desa Papringan tahun 2002, 2012, dan 2022 dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan peta tersebut, *LST* Desa Papringan tahun 2002 dengan proporsi tertinggi ada pada rentang suhu 23, 5—25,5°C, sedangkan proporsi terendah ada pada rentang suhu >30°C. Pada 2012, terjadi peningkatan suhu yang cukup signifikan. Proporsi tertinggi

terjadi pada rentang suhu 27,5—30°C, sedangkan proporsi dan suhu terendah terdapat pada rentang 23,5—25,5°C. Sementara itu, pada 2022 proporsi tertinggi adalah pada rentang suhu 23,5—25,5°C; proporsi terendah pada rentang suhu 0—23,5°C; suhu tidak ada yang melebihi 30°C.



Gambar 4. LST Desa Papringan tahun 2002 (a), 2012 (b) dan 2022 (c)

3.2 Hasil NDVI

Luas kerapatan vegetasi di Desa Papringan pada 2002, 2012, dan 2022 dapat dilihat pada Tabel 3. Luas kerapatan vegetasi pada rentang $-0.1 < NDVI < 0.00$ terus mengalami penurunan setiap tahunnya dengan penurunan yang cukup signifikan pada 2012 ke 2022. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti perubahan penggunaan lahan.

Pada rentang 0.00 > NDVI < 0.2, pada 2002 hingga 2012 tidak terdapat perubahan signifikan, tetapi pada 2012 hingga 2022 terjadi penurunan luas area yang sangat signifikan. Hal tersebut mengindikasikan adanya stabilitas vegetasi. Pada rentang 0.2 > NDVI < 0.4, luas kerapatan vegetasi mengalami kenaikan setiap tahunnya. Kenaikan yang sangat signifikan terjadi pada 2012 ke 2022. Hal tersebut menunjukkan peningkatan kepadatan vegetasi. Sementara itu, pada rentang 0.4 > NDVI < 0.6, luas kerapatan vegetasi pada 2002 dan 2012 tergolong sangat rendah, tetapi mengalami peningkatan yang sangat signifikan pada 2022. Hal ini mengindikasikan adanya peningkatan kepadatan vegetasi.

Tabel 3. Hasil perhitungan NDVI tahun 2002, 2012, dan 2022

Kelas NDVI	2002	2012	2022
-0.1 < NDVI < 0.00	128,533	112,2113	1,905632
0.00 > NDVI < 0.2	158,3357	160,2796	24,19782
0.2 > NDVI < 0.4	65,0333	84,24507	208,56
0.4 > NDVI < 0.6	4,150	0,151	121,765
0.6 > NDVI < 1	0	0	0

3.3 Hasil LST

Berdasarkan Tabel 4 berikut, rentang suhu antara 0—23,5°C pada 2002 memiliki persentase sebesar 23,20%. Pada 2012 suhu sudah di atas 23,5°C dan 2022 mengalami penurunan menjadi 0,001%. Hal ini dapat terlihat bahwa pada 2002 hingga 2012 terjadi perubahan sebesar -23,2%, tahun 2012 hingga 2022 terjadi perubahan sebesar 0,01%, dan tahun 2002 hingga 2022 terjadi perubahan sebesar -23,19%. Pada rentang suhu antara 23,5—25,5°C pada 2002 memiliki persentase sebesar 39,40%. Pada 2012 terjadi penurunan yang signifikan menjadi 0,10% dan pada 2022 terjadi peningkatan yang sangat signifikan menjadi 55,50%. Hal ini terlihat bahwa perubahan sebesar -39,3% pada 2002 hingga 2012. Pada 2012 hingga 2022 terjadi perubahan sebesar 55,4% dan pada 2002 hingga 2022 terjadi perubahan sebesar 16,1%. Rentang suhu antara 25.5—27.5°C pada 2002, 2012, dan 2022 secara berurutan memiliki persentase sebesar 26, 30%, 8,10%, dan 42,70%. Hal ini berarti terjadi perubahan sebesar 18,2% pada 2002 hingga 2012, 34,6% pada 2012, hingga 2022, dan perubahan sebesar 16,4% pada 2002 hingga 2022. Rentang suhu antara 27,5—30°C pada 2002 memiliki persentase sebesar 10,70%, kemudian pada 2012 terjadi peningkatan yang cukup signifikan menjadi 31,00%, dan terjadi penurunan yang sangat signifikan menjadi 1,90%. Hal ini berarti terjadi perubahan sebesar 20,3% pada 2002 hingga 2012, -29,1% pada 2012 hingga 2022, dan terjadi perubahan sebesar -8,8% pada 2002 hingga 2022. Untuk suhu di atas 30°C, pada 2002 persentase suhu sebesar 0,40%, dan pada 2012 terjadi peningkatan yang cukup signifikan menjadi 60,80%, sedangkan pada 2022 sudah tidak ada yang melebihi suhu 30°C. Adapun perubahan yang terjadi pada 2002 hingga 2012 adalah sebesar 60,4%, pada 2012 hingga 2022 terjadi perubahan sebesar -60,8%, dan pada 2002 hingga 2022 terjadi perubahan sebesar -0,4%.

Tabel 4. Dinamika LST secara temporal tahun 2002, 2012, dan 2022

Suhu	2002 (ha)	Persentase	2012 (ha)	Persentase	2022 (ha)	Persentase
0 - 23,5	82,61	23,20%	-	-	0,06	0,01%
23,5 - 25,5	140,53	39,40%	0,40	0,10%	198,05	55,50%
25,5 - 27,5	93,62	26,30%	28,97	8,10%	152,48	42,70%
27,5 - 30	38,04	10,70%	110,73	31,00%	6,71	1,90%
>30	1,66	0,40%	217,19	60,80%	-	-

Suhu	Perubahan luas		
	2002-2012	2012-2022	2002-2022
0-23,5	-23,2%	0,01%	-23,19%

23.5-25.5	-39,3%	55,4%	16,1%
25.5-27.5	18,2%	34,6%	16,4%
27.5-30	20,3%	-29,1%	-8,8%
30-31	60,4%	-60,8%	-0,4%

3.4 Korelasi antara NDVI dengan LST tahun 2002,2012 dan 2022

Analisis korelasi Pearson adalah jenis korelasi yang dipakai dengan mengukur hubungan suatu hasil pengamatan dengan dua variasi dengan distribusi data normal (Noviyanti dkk., 2022). Hasil dari korelasi Pearson adalah koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel (Miftahuddin dkk., 2021). Apabila hubungan linier makin nyata, derajat hubungan garis lurus antara kedua variabel tersebut makin kuat atau tinggi. Adapun interval koefisien Pearson dapat dilihat pada Tabel 5. Analisis korelasi dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS.

Tabel 5. Interval Koefisien Pearson

Koefisien	Kekuatan hubungan
0	Tidak ada korelasi
0.00 - 0.25	Korelasi sangat lemah
0.25 - 0.50	Korelasi cukup
0.50 - 0.75	Korelasi kuat
0.75 - 0.99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

(Akoglu, 2018)

Hasil analisis korelasi Pearson antara *NDVI* dan *LST* pada 2002, 2012, dan 2022 di Desa Papringan menunjukkan adanya korelasi bernilai negatif. Hal ini menandakan bahwa kedua parameter berbanding terbalik. Jika nilai kerapatan vegetasi makin tinggi, suhu permukaan akan makin rendah, begitu juga sebaliknya. Pada Tabel 6, nilai korelasi antara *NDVI* dengan *LST* pada 2002 bernilai -0.468 yang berarti korelasi cukup, sedangkan pada 2012 dan 2022 nilai korelasi secara berurutan yaitu -0.774 dan -0.639 yang berarti nilai korelasi sangat kuat dengan tingkat signifikansinya sebesar 0.000. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hubungan antara *LST* dan *NDVI*, di antaranya, urbanisasi, perubahan *land use land cover (LULC)*, jenis vegetasi, tanah, dan air.

Tabel 6. Korelasi *NDVI* dengan *LST*

Tahun	NDVI	LST	
2002	NDVI	Pearson Correlation	-0.468^{**}
		Sig. (2-tailed)	,000
		N	201
2012	NDVI	Pearson Correlation	-0.774^{**}
		Sig. (2-tailed)	,000
		N	204
2022	NDVI	Pearson Correlation	-0.639^{**}
		Sig. (2-tailed)	,000
		N	204

3.5 Faktor perubahan lahan dan LST

Niandyti dkk. (2019) menjelaskan bahwa dalam kurun waktu sepuluh tahun dari tahun 2011—2017, perubahan penggunaan lahan di kawasan Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Semarang didominasi oleh peningkatan penggunaan lahan terbangun sebesar 690,07 ha, yang didominasi oleh perubahan lahan sawah dan kebun menjadi area industri. Pesatnya pembangunan industri di Kabupaten Semarang mengakibatkan kebutuhan tanah, baik untuk keperluan industri maupun permukiman, meningkat. Hal ini didukung

oleh pertumbuhan penduduk yang terus terjadi di Kabupaten Semarang sehingga kebutuhan perumahan yang meningkat, lahan pertanian, lahan terbuka hijau seringkali dikonversi menjadi area pemukiman dan industri. Pembangunan permukiman ini dapat menyebabkan penurunan tutupan lahan yang semula memiliki kemampuan untuk meredam peningkatan suhu melalui proses evapotranspirasi dari vegetasi. Selain itu, pertumbuhan populasi juga memicu peningkatan permintaan akan infrastruktur dan fasilitas publik. Pembangunan jalan, gedung perkantoran, dan pusat perbelanjaan merupakan contoh perubahan lahan yang umum terkait dengan pertumbuhan populasi. Makin berkurangnya luas lahan vegetasi menjadi salah satu faktor penyebab suhu permukaan menjadi tinggi (Mubarok dkk., 2021). Material bangunan dan permukaan nonvegetatif yang lebih dominan dalam infrastruktur kota cenderung menyerap dan menyimpan panas (Prakoso dkk., 2014) serta menciptakan "pulau panas" dan meningkatkan *LST*.

Menurut Niandyti dkk. (2019), terjadi perubahan penggunaan lahan untuk pengembangan kawasan industri sebesar 90,27 ha; pengembangan kawasan pertanian produktif sebesar 10,85 ha; dan pengembangan pariwisata budaya, alam, dan agrowisata sebesar 82,83 ha. Menurut Sutaryono & Mahendra (2003), pengembangan industri di Kabupaten Semarang mampu menyebabkan penurunan luas tanah lahan pertanian dan menimbulkan dampak negatif ke lingkungan yang timbul karena adanya kawasan industri. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) (2021), terjadi perubahan luasan sawah seluas 258,38 ha di Kabupaten Semarang. Alih fungsi lahan yang tinggi ini menyebabkan adanya perubahan suhu permukaan atau *LST* (Rakuasa, 2023).

Kebutuhan ruang yang disebabkan oleh penambahan jumlah penduduk tidak diimbangi dengan perencanaan ketataruangan yang baik. Hal ini menyebabkan peningkatan intensitas penggunaan lahan di wilayah beberapa wilayah perkotaan. Bangunan dan konstruksi yang mempunyai daya serap panas tinggi dapat menyebabkan suhu permukaan naik secara signifikan. Faktor ekonomi juga menjadi salah satu faktor perubahan lahan yang terjadi. Kabupaten Semarang yang merupakan lokasi pusat bisnis strategis karena berada di tengah pulau Jawa memainkan peranan sentral dalam perubahan penggunaan lahan yang terjadi. Penggunaan lahan yang dipenuhi dengan bangunan-bangunan komersial menyebabkan suhu permukaan menjadi lebih tinggi atau yang dikenal dengan fenomena *urban heat island (UHI)*. Peningkatan *LST* yang diinduksi oleh motif ekonomi ini juga dapat dipengaruhi oleh perubahan aktivitas manusia di sekitar pusat bisnis. Transportasi, kepadatan lalu lintas, dan kegiatan industri yang meningkat dapat menambah beban panas di wilayah tersebut.

Berdasarkan studi kasus di Desa Papringan, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Semarang terjadi perubahan lahan yang dilihat dari hasil eksplorasi *NDVI*. Hasil eksplorasi *NDVI* menunjukkan adanya naik turun perubahan vegetasi di Desa Papringan dalam rentang waktu 2002—2022. Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan, beberapa warga menyatakan bahwa dahulu Desa Papringan memiliki banyak lahan kosong yang belum dimanfaatkan oleh penduduk sekitar. Seiring perkembangan zaman mulai banyak masyarakat di Desa Papringan yang bermata pencarian sebagai petani dan memanfaatkan lahan kosong yang ada untuk menjadi lahan pertanian. Hal ini selaras dengan hasil eksplorasi *NDVI* yang banyak menunjukkan peningkatan di kelas 3 dan 4.

Selain itu, terdapat faktor lain yang juga berpengaruh terhadap peningkatan *LST*, yaitu pembakaran sampah terbuka. Sebagian besar masyarakat di Desa Papringan masih membakar sampah secara terbuka karena belum tersedianya TPS. Di samping itu, pembakaran sampah dinilai merupakan cara yang paling efektif dalam mengurangi timbunan sampah serta bakteri patogen, tersedianya lahan untuk membakar sampah, murah dan mudah. Pembakaran sampah secara terbuka (*open burning*) menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca yang dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan dan lingkungan (Wahyudi, 2019). Proses pembakaran sampah menghasilkan gas metana (CH_4) mana merupakan gas rumah kaca terpenting kedua. Sifat metana lebih kuat 72 kali dalam menyerap panas dalam atmosfer daripada CO_2 (Octavia dkk., 2015). Dengan demikian, gas metana sangat berpengaruh terhadap

peningkatan gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global yang berpengaruh terhadap suhu permukaan.

3.6 Mitigasi

Berdasarkan faktor-faktor yang ada, program kampung iklim merupakan salah satu mitigasi yang cukup akurat untuk menangani perubahan iklim yang terjadi. Program kampung iklim yang dapat dilaksanakan di Desa Papringan ini meliputi peningkatan tutupan vegetasi, budidaya pertanian rendah emisi, serta pengelolaan sampah, limbah padat, dan cair. Peningkatan jumlah vegetasi ini dapat mengurangi suhu bumi. Hal ini disebabkan oleh tumbuhan atau vegetasi melalui fotosintesis mampu menurunkan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Penyerapan gas CO₂ dilakukan oleh daun melalui stomata, yang selanjutnya dengan pasokan energi *photosynthetic atmospheric radiation (PAR)* yang berasal dari sinar matahari akan dikonversi menjadi karbohidrat dalam bentuk gugusan gula dan oksigen (O₂) sehingga vegetasi dikenal sebagai rosot karbondioksida karena memiliki kontribusi yang penting bagi penyerapan CO₂. Peningkatan gas CO₂ di atmosfer harus diimbangi dengan penyerapan oleh vegetasi sebagai upaya mitigasi dampak perubahan iklim. Program ini dilakukan dengan kegiatan penghijauan di pekarangan rumah dan beberapa lahan kosong yang belum dimanfaatkan. Selain itu, mitigasi perubahan iklim juga dapat dilakukan dengan budaya pertanian rendah emisi. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada kelompok tani di Desa Papringan, diketahui bahwa para petani menggunakan pupuk organik dalam penanaman tanaman padi di sawah. Kegiatan ini harus diikuti dengan perluasan pola tanaman serta perilaku tidak membakar jerami di sawah. Selain itu, tingginya tingkat pembuangan sampah serta limbah padat dan cair juga menyebabkan berbagai permasalahan. Upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk menangani permasalahan sampah ini adalah menyediakan tempat sampah layak di tempat tinggal warga. Selain itu, harus ditanamkan budaya untuk tidak membuang sampah sembarangan ke sungai dan melakukan aksi *clean up* sampah serta pengolahan sampah melalui kegiatan 3R (*reduce, reuse, dan recycle*).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa perubahan vegetasi berpengaruh terhadap suhu permukaan (*LST*). Hal ini dapat terlihat dari nilai korelasi yang memperlihatkan korelasi cukup pada 2002 serta korelasi kuat pada 2012 dan 2022, juga bernilai negatif yang menandakan bahwa makin tinggi nilai kerapatan vegetasi, maka makin rendah suhu permukaan. Nilai *NDVI* tertinggi terjadi pada 2012 dengan luas kerapatan vegetasi sebesar 160,2796 hektare dan suhu dominan pada rentang 27,5 – 30°C. Selain kerapatan vegetasi, faktor yang berkaitan dengan *LST* ialah perilaku manusia seperti pembakaran sampah secara terbuka. Salah satu mitigasi yang dapat digunakan untuk menangani perubahan iklim ialah dengan program kampung iklim, seperti peningkatan tutupan vegetasi, budidaya pertanian rendah emisi, serta pengelolaan sampah, limbah padat, dan cair.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada pihak-pihak yang telah memberikan izin untuk dapat mengakses data-data yang kami butuhkan, USGS, serta rekan-rekan lainnya yang membantu dalam pengolahan dan pengerjaan artikel jurnal ini.

Kontribusi Penulis

Penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

Pendanaan

Penelitian ini tidak menggunakan pendanaan eksternal.

Pernyataan Dewan Peninjau Etis

Tidak berlaku.

Pernyataan *Informed Consent*

Tidak berlaku.

Pernyataan Ketersediaan Data

Tidak berlaku.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Akses Terbuka

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Daftar Pustaka

- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18, 91 - 93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>.
- Awaliyan, R. & Sulistyoadi, Y. B. (2018). Klasifikasi Penutupan Lahan Pada Citra Satelit Sentinel-2a Dengan Metode Tree Algorithm. *ULIN J. Hutan Trop*, 2(2), 98-104. <http://dx.doi.org/10.32522/ujht.v2i2.1363>.
- Azhali, F.M. & Jaelani, L.M. (2020). Analisis Pola Distribusi Dan Pola Perubahan Suhu Permukaan Tanah Di Kota Surabaya Menggunakan Citra Landsat 8 Dan Stasiun Cuaca Otomatis. *Geoid*, 15(2), 264-273. <http://dx.doi.org/10.12962/j24423998.v15i2.7724>.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Kabupaten Semarang dalam Angka 2023*. BPS Kabupaten Semarang.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Kabupaten Semarang dalam Angka 2023*. BPS Kabupaten Semarang.
- Filippa, G., Cremonese, E., Migliavacca, M., Galvagno, M., Sonnentag, O., Humphreys, E., ... & Richardson, A. D. (2018). NDVI derived from near-infrared-enabled digital cameras: Applicability across different plant functional types. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.11.003>.
- Gusmiarti, N.I. (2022). Analisis Korelasi Land Surface Temperature (LST) dengan Penerapan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PKM) (Studi Kasus: Kawasan Sentra

- Pengasapan Ikan, Bandarharjo, Semarang) [Skripsi, Universitas Diponegoro]. Repositori Universitas Diponegoro. <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/10353/>.
- Hamidy, A.N., Sudarti, & Yushardi. (2021). Analisis Perubahan Suhu Lingkungan terhadap Kenyamanan Masyarakat di Desa Sumber Tengah. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(2), 70-76. <https://doi.org/10.19184/jpf.v10i2.24301>.
- Handani, A.F. & Susanti, N.E. (2017). Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya terhadap Perubahan Iklim Kota Malang. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 2(2), 143-151. <https://doi.org/10.21067/jpig.v2i2.3508>.
- Indarwati, S., Respati, S.M.B., & Darmanto. (2019). Kebutuhan Daya pada Air Conditioner saat Terjadi Perbedaan Suhu dan Kelembaban. *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(1), 91-95. <http://dx.doi.org/10.36499/jim.v15i1.2666>.
- Kogan, F., Guo, W., & Yang, W. (2020) Near 40-year drought trend during 1981-2019 earth warming and food security. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 469-490. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1730452>.
- Kwon, Y., Lee, H., & Lee, H. (2018). Implication of the cluster analysis using greenhouse gas emissions of Asian countries to climate change mitigation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 23(8), 1225-1249. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9782-3>.
- Marlina, D. (2022). Klasifikasi Tutupan Lahan pada Citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan dengan NDVI dan Algoritme Random Forest. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 7(1), 41-49. <http://dx.doi.org/10.30998/string.v7i1.12948>.
- Miftahuddin, M., Sitanggang, A.P., & Setiawan, I. (2021). Analisis Hubungan antara Kelembaban Relatif dengan Beberapa Variabel Iklim dengan Pendekatan Korelasi Pearson di Samudera Hindia. *Jurnal Siger Matematika*, 2(1), 25-33. <http://dx.doi.org/10.23960%2Fjsm.v2i1.2753>.
- Mubarok, R., Septiarani, B., Yesiana, R., & Pangi, P. (2021). Pengaruh Tutupan Lahan terhadap Fenomena Urban Heat Island di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 15(1), 56-63. <https://doi.org/10.35475/ripte.v15i1.120>.
- Niandyti, F., Sufyandi, Y., & Utami, W. (2019). Dampak Pembangunan Industri terhadap Perubahan Penggunaan Tanah dan Kesesuaiannya dengan Tata Ruang (Studi di Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah). *Tunas Agraria*, 2(2), 184-207. <https://doi.org/10.31292/jta.v2i2.35>.
- Noviyanti, P., Arianto, F.S.D., Firgia, L., & Vuspitasari, B.K. (2022). Implementasi Sistem Pakar untuk Deteksi Dini Covid Varian Omicron Menggunakan Analisis Korelasi Pearson (r). *Jurnal Tekinkom (Teknik Informasi dan Komputer)*, 5(2), 485-492. <https://doi.org/10.37600/tekinkom.v5i2.622>.
- Nugroho, S.A., Wijaya, A.P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. *Jurnal GeodesiUndip*, 5(1), 253-263. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2016.10597>.
- Nuringsih, K., Nuryasman, M.N., & Rosa, J.A. (2022). Mendorong Green Entrepreneurial Intention Melalui Green Economy dan Green Entrepreneurial Orientation. *Jurnal Ekonomi*, 27(3), 417-440.
- Octavia, D., Fitriarningsih, Y., & Jati, D.R. (2015). Analisis Beban Emisi CO dan CH4 Dari Kegiatan Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.26418/jtlb.v3i1.12863>.
- Pemerintah Indonesia. (2016). *Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016*. Pemerintah Indonesia.
- Prakoso, N.A., Lamahala, A.K., & Sentanu, G. (2014). Kajian Penerapan Material pada Selubung Bangunan yang Mempengaruhi Kenyamanan Termal Perpustakaan Umum Bank Indonesia. *Jurnal Reka Karsa*, 2(2), 1-12.
- Rahman, A.N., Viani, F.O., & Sitanggang, N. (2023). Implementasi Program Sustainable Development Goals (SDG's) dalam Upaya Penanganan Perubahan Iklim di Provinsi Kepulauan Riau. *Aufklarung: Jurnal Pendidikan, Sosial dan Humaniora*, 3(3), 341-350. <https://pijarpemikiran.com/index.php/Aufklarung/article/view/589>.

- Rakuasa, H. (2023). Analisis Spasial Temporal Suhu Permukaan Daratan/Land Surface Temperature (Lst) Kota Ambon Berbasis Cloud Computing: Google Earth Engine. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 27(3), 194-205. <http://dx.doi.org/10.35760/ik2022.v27i3.7101>.
- Saidi, R., Nur'adqiah, N., Muzri, Y., Pahlawan, R., Sugandi, D., & Ridwana, R. (2020). Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Identifikasi Sebaran Vegetasi di Kecamatan Pangandaran. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 7(1), 1-14. <http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v7i1.7607>.
- Sinaga, F.J., Nuarsa, I.W., & Sardiana, I.K. (2020). Pendugaan Produksi Padi dengan Menggunakan Citra Landsat 8 di Kabupaten Tabanan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 9(1), 96-105. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jat/article/view/56755>.
- Sutaryono & R. Mahendra A. (2003). Industrialisasi dan Perubahan Penggunaan Tanah di Kawasan Industri Ungaran Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Bhumi*, 6(3), 61-75. <https://doi.org/10.31292/jta.v2i2.35>.
- Wahyudi, J. (2019). Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari pembakaran terbuka sampah rumah tangga menggunakan model IPCC. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), 65-76. <https://doi.org/10.33658/jl.v15i1.132>.
- Xue, J., & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. *Journal of sensors*, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>.

Biografi Penulis

CALVIN LEVYANTO PRAMONO, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: calvynlvp@student.uns.ac.id
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

FARAH MEILANI, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

ANGGI DWIKI REZA, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

RISMA SALSABILA FORESTY, Departemen Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Email: -
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -