

Sebaran Perubahan Suhu Permukaan Sebelum Dan Setelah Pandemi Covid 19 Terhadap Fenomena *Urban Heat Island* Di Kabupaten Batang

Fahrudin Ulinnuha Ihsan

Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

e-mail: ulinnuhaihsan@students.undip.ac.id

Abstrak—Pengembangan suatu wilayah merupakan dampak dari pertumbuhan penduduk dan segala aktivitasnya. Pembangunan infrastruktur sebagai pendukung aktivitas manusia mulai dari kebutuhan primer hingga sekunder, tanpa disadari secara perlahan dapat meningkatkan suhu suatu wilayah. *Urban Heat Island* (UHI) merupakan fenomena dimana suatu kawasan dengan padat penduduk beriklim aktivitasnya mempunyai suhu yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah sekitar yang secara tidak langsung dapat menimbulkan perubahan iklim. Penginderaan jauh adalah salah satu cara untuk mengamati perubahan suhu permukaan pada periode tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan suhu permukaan sebelum dan sesudah pandemi Covid 19 dengan kebijakan Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) di Kabupaten Batang. Memiliki perubahan suhu permukaan dari tahun 2016 hingga 2023 sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Penelitian ini membuktikan bahwa perubahan suhu permukaan tidak hanya terjadi di kota-kota metropolitan tetapi di kawasan perkotaan seperti Kecamatan Batang dan beberapa kecamatan lainnya di wilayah persisir Kabupaten Batang semenjak 2 tahun terakhir.

Kata Kunci— Suhu Permukaan, *Urban Heat Island*, Pengembangan Kawasan Perkotaan, Covid 19

I. PENDAHULUAN

Seluruh dunia merasakan pemanasan global yang ditunjukkan oleh peningkatan suhu dan cuaca yang tidak menentu. Pembakaran bahan bakar fosil, praktik industri, dan penggundulan hutan secara luas merupakan beberapa aktivitas manusia yang berkontribusi terhadap fenomena pemanasan global [1]. Semua aktivitas ini menyebabkan emisi karbon dan efek rumah kaca, yang memiliki efek jangka panjang terhadap kehidupan manusia. Karena itu, manusia harus mengurangi kegiatan yang dapat merusak hutan atau menimbulkan emisi. Sejak pertengahan abad ke-20 terjadi peningkatan yang konsisten pada suhu rata-rata udara di sekitar permukaan bumi dan lautan, sehingga tren peningkatan ini diperkirakan akan terus berlanjut. Aktivitas yang dilakukan oleh manusia dapat meningkatkan jumlah gas yang menghambat radiasi matahari kembali ke angkasa, menyebabkan efek rumah kaca sehingga membuat planet Bumi mengalami pemanasan global.

Urban Heat Island (UHI) adalah fenomena di mana suhu udara dan permukaan lebih tinggi di kota dibandingkan dengan daerah penyangga atau pedesaan karena urbanisasi [3]. UHI disebabkan oleh dinamika iklim mikro perkotaan yang dipengaruhi oleh pembangunan fisik dan sosial, dan

fenomena ini semakin meningkat dengan pertumbuhan kota. Oleh karena itu, penting untuk memiliki metode monitoring yang efektif untuk mengukur UHI [4]. Penyebab utama UHI adalah perbedaan dalam konsumsi energi, penyerapan panas, dan pertukaran panas antara wilayah perkotaan dan perdesaan. UHI juga dapat mempengaruhi iklim mikro dengan mengubah suhu, kelembaban, dan tekanan atmosfer di suatu daerah [5]. Perubahan suhu, albedo, evapotranspirasi, dan fluks energi menyebabkan UHI. Perubahan suhu ini mempengaruhi awal waktu hujan dan tingkat curah hujan lokal, yang dapat menyebabkan bencana seperti banjir [6].

Peningkatan jumlah penduduk dan urbanisasi merupakan tantangan bagi setiap negara, termasuk Indonesia. Kota-kota besar menjadi magnet bagi orang-orang yang mencari kehidupan yang lebih baik, sehingga menyebabkan populasi perkotaan menjadi sangat besar dan padat. Penduduk adalah mereka yang tinggal di suatu wilayah dengan segala aktivitas sehari-harinya. Pertumbuhan penduduk membawa variasi aktivitas yang dapat langsung maupun tidak langsung mempengaruhi perubahan iklim setempat, terutama suhu udara [7]. Pembangunan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pemukiman, perkantoran, perindustrian, jalan dan infrastruktur lain yang dapat menunjang perkembangan kota. Peningkatan intensitas pembangunan fisik dan sosial di perkotaan merupakan tanda kemajuan kota. Namun, hal ini juga dapat secara tidak langsung mempengaruhi stabilitas kondisi atmosfer [4]. Laju peningkatan suhu suatu wilayah sebanding dengan pembangunan suatu wilayah [8]. Dampak yang ditimbulkan dari fenomena tersebut salah satunya adalah alih fungsi lahan guna memenuhi kebutuhan aktivitas manusia. Hal tersebut mengakibatkan ketimpangan antara luas lahan terbuka dan luas terbangun. Dengan bertambahnya area perkotaan yang tertutup oleh beton atau aspal, sinar matahari dapat dipantulkan kembali ke atmosfer sehingga menyebabkan peningkatan suhu di perkotaan [7].

Lahan hijau merupakan lahan yang diperuntukkan bagi tanaman, bukan untuk konstruksi, dan diperuntukkan bagi pelestarian alam. Lahan terbangun adalah tanah yang dibangun dengan berbagai macam jenis bangunan dan digunakan/dihuni oleh masyarakat sebagai tempat beraktivitas sehari-hari. Kegiatan di pedesaan pada umumnya masih homogen atau tetap, antara lain: pertanian, kerajinan, dan lain-lain. dan cenderung menyebabkan sedikit perubahan fisik. Penggunaan lahan pedesaan meliputi lahan

campuran untuk hortikultura, perkebunan, sawah, kolam ikan, waduk, lahan kosong dan jenis lahan lainnya.

Penggunaan lahan perkotaan meliputi berbagai jenis bangunan dan fasilitas seperti bangunan umum, pertokoan, industri, perumahan, kantor pemerintahan, dan fasilitas umum lainnya. Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang menetapkan bahwa setidaknya 30% dari wilayah perkotaan harus dialokasikan untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH), dengan 20% untuk ruang terbuka hijau publik dan 10% untuk ruang terbuka hijau privat.

UHI disebabkan oleh berbagai faktor yang membedakan antara wilayah perkotaan dan non-perkotaan. Faktor-faktor tersebut meliputi emisi energi yang berasal dari air conditioning (AC), emisi energi dari kegiatan industri, kendaraan bermotor, rasio permukaan campuran dan perbedaan termal dari bahan bangunan yang menggunakan struktur alami [2]. Siklus pemanasan dan pendinginan yang terjadi di permukaan bumi dan lapisan batas atmosfer disebabkan oleh keseimbangan energi alam antara radiasi matahari yang masuk, emisivitas panjang gelombang, dan transfer panas. Kenaikan suhu udara dapat mengakibatkan peningkatan konsumsi energi, yang pada akhirnya meningkatkan polusi dari pembangkit listrik dan emisi gas rumah kaca [3]. Peningkatan konsentrasi gas-gas ini menghambat pantulan energi matahari dari bumi, yang memperkuat efek rumah kaca dan menyebabkan pemanasan global. Akibatnya, iklim global sedang mengalami kerusakan secara keseluruhan [9]. Sektor-sektor ekonomi penting seperti energi, transportasi, konstruksi, industri, pertanian, kehutanan, dan pengelolaan limbah perlu ditinjau agar menemukan solusi terbaik untuk tujuan hidup berkelanjutan. Sektor ini memiliki beberapa opsi untuk mengurangi aktivitasnya, termasuk penggunaan energi terbarukan dan meminimalisir penggunaan energi. Perlu ada kebijakan untuk mendorong perilaku mitigasi dalam menghadapi efek dari perubahan iklim.

Bangunan, jalan, dan struktur buatan lainnya memiliki Albedo yang lebih rendah daripada permukaan alami, sedangkan Albedo sendiri adalah rasio antara sinar matahari yang datang ke permukaan bumi dengan sinar matahari yang dipantulkan kembali ke atmosfer [2]. Dengan demikian, ini menunjukkan bahwa efek urban heat island disebabkan oleh berkurangnya vegetasi dan justru bertambahnya permukaan kota. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [10] mengenai pola spasial suhu permukaan daratan, ditemukan bahwa suhu permukaan daratan berkorelasi positif dengan kerapatan bangunan dan berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi. Artinya, semakin tinggi suhu permukaan daratan, semakin rapat bangunan, dan sebaliknya, semakin rapat vegetasi. Daerah dengan suhu permukaan daratan rendah umumnya terdapat di lahan pertanian basah dan kering. Land Surface Temperature (LST) diatur oleh keseimbangan energi antara permukaan, atmosfer, dan sifat termal permukaan serta media di bawah permukaan tanah. Citra satelit Landsat dapat digunakan untuk mengekstrak informasi suhu permukaan dari berbagai wilayah. Temperatur permukaan tanah dapat digambarkan dalam penginderaan jauh melalui cakupan piksel dari berbagai jenis permukaan [11]. Pola perubahan suhu permukaan dapat terlihat lebih jelas pada skala waktu dan spasial yang lebih besar dengan menggunakan hasil pengukuran kanal

termal dari data satelit.

Pentingnya pemantauan yang efektif dan efisien semakin meningkat. Penginderaan jarak jauh dapat digunakan untuk memantau dan mendeteksi titik panas guna mengurangi dan mengendalikan dampak perluasan Urban Heat Island (UHI) dalam periode yang singkat. Penelitian yang akan dilaksanakan tentang potensi fenomena UHI yang bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial dan perubahan suhu permukaan pada wilayah perkotaan sebelum dan sesudah pandemi Covid 19 serta pengaruh dinamika tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan. Selain itu melihat perubahan suhu yang diakibatkan oleh pengembangan perkotaan yaitu pembangunan infrastruktur untuk mendukung aktivitas manusia. Kabupaten Batang merupakan salah satu kabupaten yang akan direncanakan pembangunan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang. Dikutip dari website Komite Percepatan Penyediaan Infrastruktur Prioritas (KPIP), Kementerian Perindustrian sebagai penanggung jawab proyek tersebut akan merencanakan pembangunan pada tahap pertama dengan luas kurang lebih 2.000 hektare pada tahun 2021 hingga 2024.

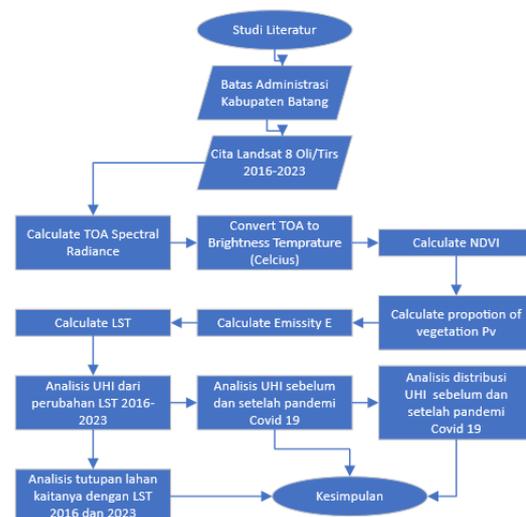
II. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan adalah kuantifikasi menggunakan analisis penginderaan jauh untuk mengidentifikasi perubahan suhu permukaan dan Urban Heat Island (UHI) antara tahun 2016 dan 2023. Penelitian ini memanfaatkan data sekunder berupa citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS yang diunduh setiap tahun dari United States Geological Survey (USGS) untuk mendapatkan nilai Land Surface Temperature (LST) dan menghitung UHI. Data pendukung lainnya berasal dari Badan Informasi Geospasial dan dapat diunduh melalui website Ina-Geoportal (<https://tanahair.indonesia.go.id/>).

B. Metode Analisis

Berikut adalah diagram alir yang dilakukan pada penelitian terkait potensi fenomena UHI di Kabupaten Batang:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

C. Pengolahan Data

Berdasarkan diagram alir penelitian maka yang pertama adalah pengolahan Citra Landsat 8. Untuk mendapatkan suhu permukaan maka ada beberapa langkah perhitungan berdasarkan [12].

Pada Citra Landsat 8 dilakukan koreksi radiometrik yaitu dengan mengubah digital number dari band thermal (Band 10 pada Citra Landsat 8). Dengan menggunakan faktor penskalaan ulang nilai radiance, Nomor Digital Infra-Merah Termal dapat dikonversi ke TOA pancaran spectral melalui persamaan berikut:

$$L\lambda = ML * Qcal + AL - O_i \tag{1}$$

Keterangan:

$L\lambda$ = TOA spectral radiance (Watts/ (m² * sr * μ m))

ML = Radiance multiplicative

AL = Radiance Add Band

Qcal = Nilai (DN)

O_i = koreksi band 10 adalah 0.29

Dari nilai dari TOA dapat dikonversi ke Brightness Temperature (BT) dari satuan kelvin menjadi celsius. Dengan menggunakan nilai thermal constant yang ada pada file meta data dari Citra Landsat 8 dengan persamaan sebagai berikut:

$$BT = K_2 / \ln(k_1 / L\lambda + 1) - 273.15 \tag{2}$$

Keterangan:

BT = Top of atmosphere brightness temperature (°C)

$L\lambda$ = TOA spectral radiance

K₁ = K₁ Constant Band

K₂ = K₂ Constant Band

The Normalized Differential Vegetation Index (NDVI) adalah indeks vegetasi standar yang dihitung dengan menggunakan band Inframerah Dekat (Band 5) dan band Merah (Band 4). Berikut persamaan yang digunakan:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \tag{3}$$

Keterangan:

NIR = Nilai DN band 5

RED = Nilai DN band 4

Land Surface Emissivity (LSE) adalah emisivitas rata-rata elemen permukaan bumi, yang dapat dihitung dengan mengambil nilai NDVI. Berikut persamaan yang digunakan:

$$PV = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \tag{4}$$

Keterangan:

PV = Proportion of Vegetation

NDVI = Nilai DN dari NDVI Image

NDVI_{min} = Nilai minimum dari NDVI Image

NDVI_{max} = Nilai maksimum dari NDVI Image

$$E = 0.004 * PV + 0.986 \tag{5}$$

Keterangan:

E = Land Surface Emissivity

PV = Proportion of Vegetation

Land Surface Temperature (LST) adalah suhu radiatif yang dihitung menggunakan Top of atmosphere brightness temperature, Wavelength of emitted radiance dan Land Surface Emissivity. Berikut persamaan yang digunakan:

$$LST = BT / (1 + (\lambda * BT / c_2) * \ln(E)) \tag{6}$$

Keterangan:

BT = Top of atmosphere brightness temperature (°C)

λ = Wavelength of emitted radiance untuk band 10 (10.8)

E = Land Surface Emissivity

$c_2 = 14388 \mu$ mK

Tahap terakhir untuk menganalisis UHI. Suhu permukaan yang terkoreksi digunakan untuk ekstraksi UHI, yang dilakukan menggunakan persamaan 7 dan 8 [13]. Jika nilai LST menunjukkan pada persamaan 7 maka daerah tersebut tidak terdampak UHI, sedangkan jika nilai LST menunjukkan pada persamaan 8 maka daerah tersebut berpotensi terdampak UHI. Berikut persamaan yang digunakan:

$$T > \mu + 0.5 \alpha \tag{7}$$

$$0 < T \leq \mu + 0.5 \alpha \tag{8}$$

Keterangan:

T = Suhu permukaan (LST)

μ = Nilai rata-rata suhu permukaan

α = Standar deviasi suhu permukaan

Langkah perhitungan di atas dilakukan pada Citra Landsat 8 dari tahun 2016 hingga 2023 agar dapat mengidentifikasi nilai perubahan suhu permukaan pada setiap tahunnya.

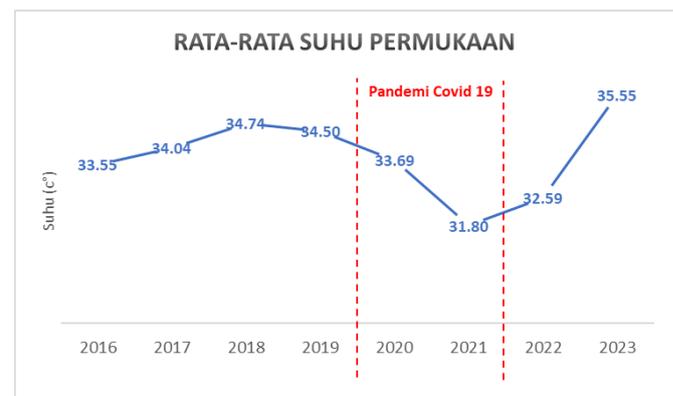
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perubahan suhu permukaan Kabupaten Batang periode tahun 2016 hingga 2023

Suhu permukaan tanah di Kabupaten Batang selama tahun 2016 – 2023 dapat diidentifikasi berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan melalui analisis penginderaan jauh pada Citra Landsat 8. Pada tahun 2016 rata-rata suhu permukaan Kabupaten Batang adalah 33.55°C dan pada tahun 2023 mencapai 35.55°C, dengan perbedaan suhu mencapai ± 2°C. Dalam waktu 7 tahun kenaikan suhunya mencapai 9% dengan rata rata naik 0.3°C setiap tahunnya.

Tabel 1. Nilai rata-rata dan standar deviasi LST pada tiap tahun

Tahun	Rata-rata suhu permukaan	Standar deviasi LST
2016	33.55	4.40
2017	34.04	5.18
2018	34.74	4.74
2019	34.50	4.90
2020	33.69	4.93
2021	31.80	4.36
2022	32.59	5.36
2023	35.55	5.00



Gambar 1. Grafik perubahan rata-rata suhu permukaan Kabupaten Batang.

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan suhu permukaan pada tahun 2017, 2018, 2019 dan 2023. Pada tahun 2019 hingga 2021 mengalami penurunan suhu diindikasikan karena berkurangnya kegiatan manusia karena adanya pandemi Covid 19 dalam hal ini Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM). Selanjutnya pada tahun 2022 dan 2023 mengalami kenaikan suhu yang signifikan hingga $\pm 4^{\circ}\text{C}$ jika dibandingkan dengan kenaikan suhu pada tahun 2016 hingga 2019 yang relatif naik secara konstan. Hal tersebut diperkirakan karena kembalinya aktivitas manusia pasca Covid 19 serta adanya pengembangan kawasan perkotaan di Kabupaten Batang.

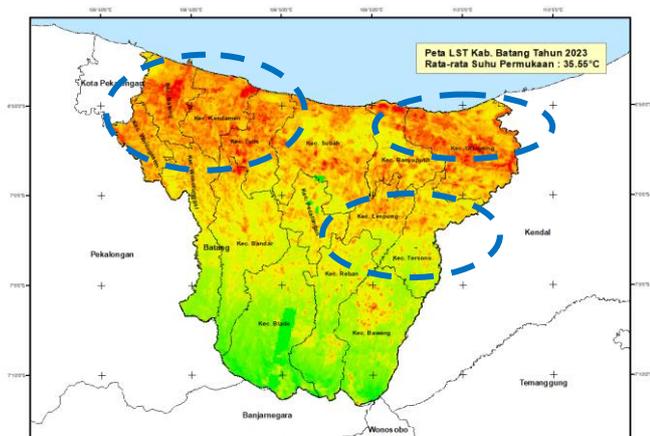
Criticality Index (ECI) dikarenakan minim vegetasi dan padat bangunan. Selain itu adanya aksesibilitas yaitu jalan nasional dapat menumbuhkan aktivitas baru atau bahkan pengembangan ekonomi baru disekitarnya. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh [18] menyimpulkan bahwa faktor-faktor seperti aksesibilitas infrastruktur, kondisi lingkungan, dan biaya lokasi memiliki dampak yang signifikan terhadap keberhasilan usaha.

B. Analisis perubahan suhu permukaan Kabupaten Batang sebelum pandemi Covid 19 periode 2016 hingga 2019 dan setelah pandemi Covid 19 periode 2021 hingga 2023.

Terdapat tiga kawasan yang menjadi perhatian yaitu pada bagian barat, timur dan selatan Kabupaten Batang yang mengalami perubahan suhu yang relatif lebih besar. Pada bagian utara sebelah barat merupakan wilayah perkotaan Kecamatan Batang, Kendamen dan Tulis yang berbatasan langsung dengan Kota Pekalongan sedangkan sebelah timur Kecamatan Gringsing dan Banyuputih yang berbatasan langsung dengan Kecamatan Weleri yang merupakan Kawasan perkotaan dari Kabupaten Kendal. Kawasan perkotaan tersebut menjadi pusat perekonomian bagi masing-masing kabupaten. Sedangkan dua kecamatan di selatan yaitu Kecamatan Tersono dan Limpung yang relatif penurunan suhu permukaan diasumsikan karena pusat kegiatan ekonomi bergeser pada sisi utara-timur yang berbatasan dengan Kecamatan Weleri Kabupaten Kendal.

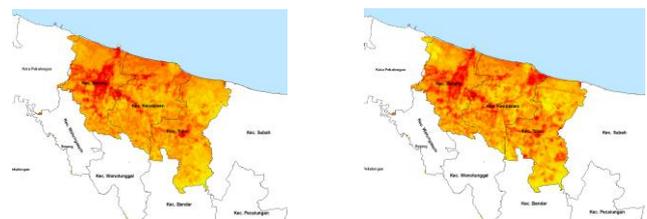


Gambar 2. Peta suhu permukaan Kabupaten Batang tahun 2016

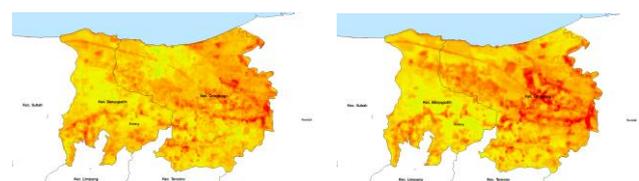


Gambar 3. Peta suhu permukaan Kabupaten Batang tahun 2023

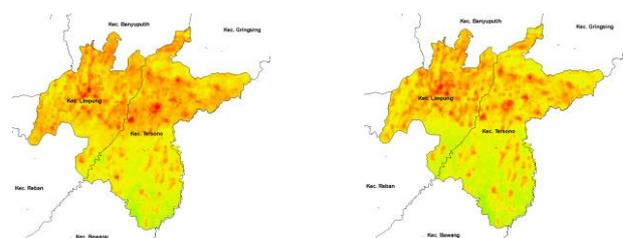
Dapat terlihat pada gambar 2 dan 3 secara visual perubahan suhu terjadi pada daerah utara Kabupaten Batang dimana terdapat jalan nasional / jalur pantai utara pulau jawa yang menghubungkan ujung barat dan timur pulau jawa. Selain itu beberapa tahun terakhir juga terdapat jalan tol trans jawa yang menghubungkan Kota Jakarta dan Surabaya. Sesuai dengan penelitian tentang kekritisitas indeks lingkungan berdasarkan fenomena UHI di Kota Semarang [14] bahwa berdasarkan suhu permukaan dan ketersediaan tutupan vegetasi, wilayah utara dan tengah Semarang dianggap paling berbahaya karena bangunan beton dan aspal jalan di pusat kota yang menyebabkan albedo rendah. Adapun penelitian lain [15] mengatakan bahwa sekitaran Jalan Tol Reformasi Kota Makassar mendapatkan kategori kritis dalam *Environmental*



Gambar 4. Peta distribusi sebaran suhu permukaan Kecamatan Batang, Kendamen dan Tulis periode 2016 dan 2019



Gambar 5. Peta distribusi sebaran suhu permukaan Kecamatan Gringsing dan Banyuputih periode 2016 dan 2019



Gambar 6. Peta distribusi sebaran suhu permukaan Kecamatan Tersono dan Limpung periode 2016 dan 2019

Tabel 2. Suhu rata-rata LST pada wilayah perkotaan di Kabupaten Batang sebelum pandemi Covid 19

Kecamatan	Tahun 2016		Tahun 2019	
	Rata-rata LST	0 < Non UHI < 35.75 < UHI	Rata-rata LST	0 < Non UHI < 36.95 < UHI
Batang	39.33	UHI	40.35	UHI
Kendamen	38.04	UHI	39.51	UHI
Tulis	36.41	UHI	38.20	UHI
Gringsing	35.88	UHI	38.53	UHI
Banyuputih	34.80	Non UHI	35.94	Non UHI
Tersono	34.07	Non UHI	34.66	Non UHI
Limpung	35.79	UHI	36.15	Non UHI

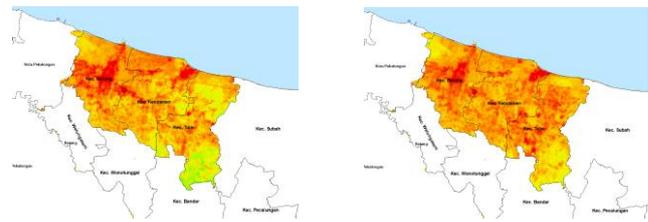
Analisis perubahan suhu permukaan dilakukan selama periode sebelum pandemi Covid 19 dari tahun 2016 hingga 2019 pada wilayah perkotaan di Kabupaten Batang. Selanjutnya dari gambar 4, 5 dan 6 dilakukan perhitungan suhu permukaan pada kawasan perkotaan yaitu kawasan pertama yaitu Kecamatan Batang sebagai ibukota Kabupaten Batang, Kecamatan Kendamen dan Tulis. Kawasan kedua yaitu Kecamatan Gringsing dan Banyuputih sebagai rencana lokasi KIT Batang. Lalu untuk Kawasan ketiga yaitu Kecamatan Tersono dan Limpung yang diasumsikan mengalami penurunan suhu permukaan dan juga sebagai rencana lokasi KIT Batang. Secara visual dapat terlihat pada gambar 4 dan 5 kecamatan tersebut mempunyai warna merah yang mengindikasikan suhu permukaan yang lebih tinggi. Maka didapatkan nilai masing masing suhu permukaan dari masing masing kecamatan yang ada pada tabel 2. Untuk dapat menentukan fenomena UHI maka ditetapkan batas suhu sesuai dengan persamaan 7 yang menunjukkan Fenomena UHI pada suatu wilayah sedangkan pada persamaan 8 menunjukkan tidak terjadi fenomena UHI. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai ambang batas fenomena UHI adalah 35.75°C pada tahun 2016 dan 36.95°C pada tahun 2019 di Kabupaten Batang.

Dari analisis tersebut pada tahun 2016 didapatkan 4 kecamatan yang berpotensi UHI yaitu Kecamatan Batang, Gringsing, Kendamen, Tulis dan Gringsing yang masing-masing memiliki suhu permukaan rata-rata pada tabel 2. Selanjutnya pada tahun 2019 terdapat perubahan kecamatan yang tidak berpotensi mengalami fenomena UHI yaitu Kecamatan Limpung. Dilihat dari perubahan suhu permukaan Kecamatan Limpung mengalami peningkatan suhu dari 35.79°C menjadi 36.15°C tetapi perubahan suhu permukaan Kabupaten Batang mengalami peningkatan suhu yang lebih tinggi yaitu lebih dari 1°C sehingga kecamatan tersebut menjadi tidak berpotensi mengalami UHI. Hal tersebut selaras dengan penurunan suhu pada tahun 2018 - 2019 mencapai 0.2°C sesuai gambar 1. Peningkatan suhu tertinggi pada Kecamatan Gringsing sebesar 2.66°C dan peningkatan suhu terendah pada Kecamatan Tersono sebesar 0.35°C.

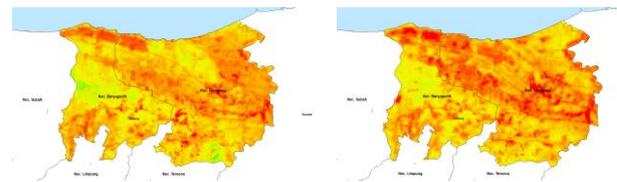
Pandemi Covid 19 di Indonesia terjadi mulai tahun 2020 hingga 2022 dimana pada puncaknya pada tahun 2021. Terlihat pada gambar 1 bahwa terjadi penurunan suhu yang signifikan pada tahun 2021 sebesar 1.89°C dari tahun sebelumnya. Penelitian yang sebelumnya telah dilakukan di Kota Tehran Negara Iran [16] bahwa selama periode 2000-

2020 UHI di Tehran baik siang maupun malam menunjukkan peningkatan yang signifikan dari tahun 2000 hingga 2019. Namun tren melemah ketika memasuki tahun 2020 dikarenakan dampak *lockdown* COVID-19 dari 20 Maret hingga 20 April 2020. Dapat diasumsikan bahwa pandemi ini cukup efektif menurunkan suhu permukaan namun tidak relevan dilakukan sebagai upaya menekan fenomena UHI.

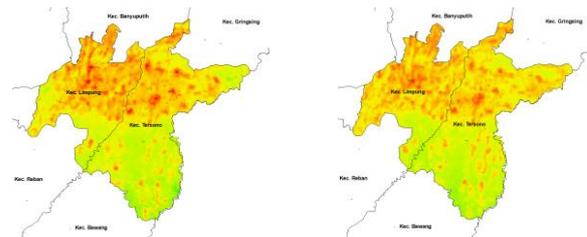
Setelah pandemi Covid 19 yaitu periode 2021 hingga 2023 Kabupaten Batang mengalami peningkatan suhu yang signifikan sebesar 3.75°C sesuai gambar 1. Jika dilihat pada tabel 3 maka Kecamatan Tulis mengalami peningkatan nilai suhu permukaan rata-rata tertinggi sebesar 39.53°C dimana kecamatan ini sebagai penyangga ibu kota Kabupaten Batang yang sekaligus menjadi pusat pemerintahan dan perekonomian dari Kabupaten Batang.



Gambar 7. Peta distribusi sebaran suhu permukaan Kecamatan Batang, Kendamen dan Tulis periode 2021 dan 2023



Gambar 8. Peta distribusi sebaran suhu permukaan Kecamatan Gringsing dan Banyuputih periode 2021 dan 2023



Gambar 9. Peta distribusi sebaran suhu permukaan Kecamatan Tersono dan Limpung periode 2021 dan 2023

Tabel 3. Suhu rata-rata LST pada wilayah perkotaan di Kabupaten Batang setelah pandemi Covid 19

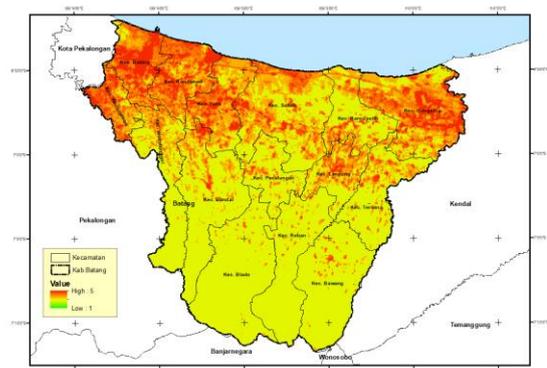
Kecamatan	Tahun 2021		Tahun 2023	
	Rata-rata LST	0 < Non UHI < 33.99 < UHI	Rata-rata LST	0 < Non UHI < 38.05 < UHI
Batang	37.55	UHI	40.82	UHI
Kendamen	36.44	UHI	40.63	UHI
Tulis	33.59	Non UHI	39.53	UHI
Gringsing	35.55	UHI	40.25	UHI
Banyuputih	34.10	UHI	38.42	UHI
Tersono	31.86	Non UHI	35.04	Non UHI
Limpung	33.71	Non UHI	36.73	Non UHI

Selanjutnya dari gambar 7, 8 dan 9 dilanjutkan

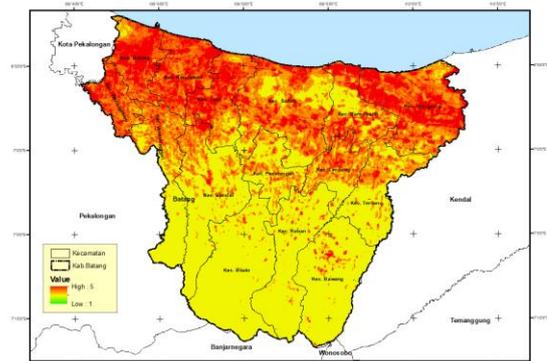
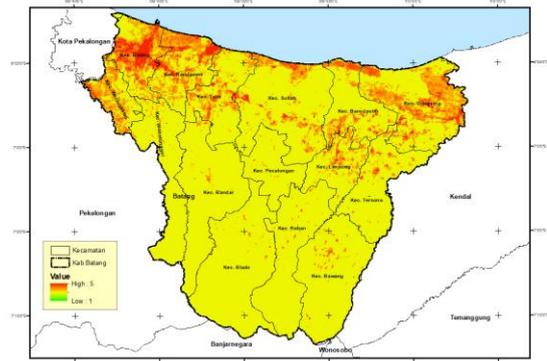
perhitungan suhu permukaan dengan persamaan 7 dan 8 untuk menentukan fenomena UHI. Berdasarkan tabel 3 maka didapatkan nilai masing masing suhu permukaan dari masing masing kecamatan. Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai ambang batas fenomena UHI adalah 33.99°C pada tahun 2021 dan 38.05°C pada tahun 2023. Terdapat 5 kecamatan yang berpotensi terjadi Fenomena UHI pada tahun 2023 jika dibandingkan pada saat pandemi Covid 19 tahun 2021 hanya 4 kecamatan saja. Kecamatan Batang, Kendamen, Tulis, Gringsing dan Banyuputih yang masing-masing peningkatan suhu permukaannya adalah 3.28°C, 4.19°C, 5.94°C, 4.69°C dan 4.32°C Peningkatan suhu tertinggi pada Kecamatan Tulis sebesar 5.94°C dan peningkatan suhu terendah pada Kecamatan Limpung sebesar 3.02°C. Dilihat dari letak geografisnya dan infrastruktur pendukungnya kelima kecamatan tersebut berada paling utara sedangkan Kecamatan Limpung dan Terseno berada pada dari Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang. Konsep pembangunan KIT Batang yang dimulai pada tahun 2021 nantinya terintegrasi dengan perumahan buruh, pendidikan, layanan kesehatan serta adanya rantai suplai antar pabrik. Dikutip dari (radarsemrang.id) bahwa aglomerasi dilakukan untuk memaksimalkan wilayah sekitar KIT Batang, Empat Kecamatan disiapkan jadi wilayah penyangga yaitu kecamatan itu adalah Gringsing, Banyuputih, Limpung, dan Terseno. Penelitian terdahulu juga telah dilakukan di Kota Linyi, Tiongkok [17] bahwa dari tahun 2013 hingga 2022 adanya hubungan kuantitatif antara LST dan *Urban Industrial Zone* (UIZs). Perluasan UIZs menyebabkan peningkatan LST sebesar 0.48°C. Hal tersebut menekankan bahwa pentingnya manajemen kawasan industri dan pemantauan lingkungan dalam rangka pembangunan perkotaan yang berkelanjutan.

C. Analisis Distribusi Suhu Permukaan DI Kabupaten Batang Periode Tahun 2016 Hingga 2023

Sebagaimana pembahasan sebelumnya distribusi suhu permukaan Kabupaten Batang terpusat pada kawasan perkotaan serta kawasan industri. Sedangkan untuk fenomena UHI akan dianalisis berdasarkan luassanya. Klasifikasi fenomena UHI dilakukan berdasarkan nilai ambang UHI pada periode sebelum dan setelah pandemi Covid 19 yaitu 2016-2019 dan 2021-2023. Kawasan berpotensi UHI diklasifikasikan berdasarkan ambang batas UHI pada masing-masing tahun yaitu Non UHI dan UHI. Pada fenomena UHI dibagi menjadi 4 kelas dimana terdapat kenaikan suhu sebesar 2°C pada setiap kelasnya.

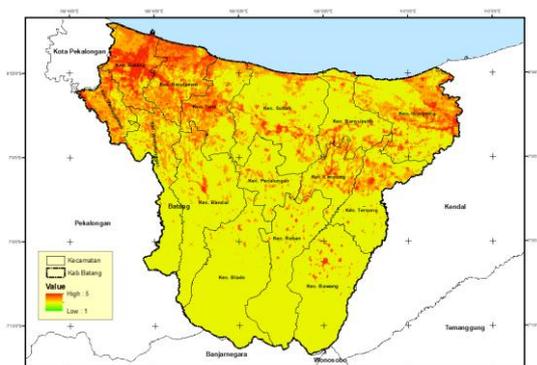


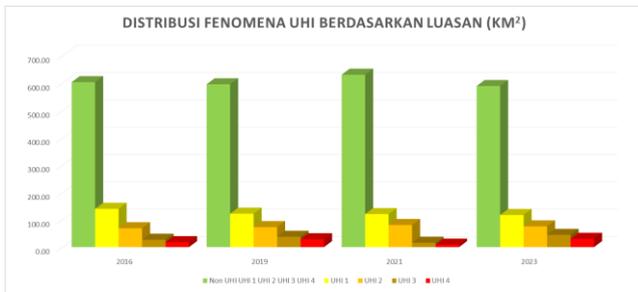
Gambar 10. Peta sebaran UHI periode sebelum pandemi periode 2016-2019



Gambar 11. Peta sebaran UHI periode setelah pandemi periode 2021-2023

Pada periode sebelum pandemi dapat terlihat pada gambar 10, distribusi fenomena UHI tersebar di wilayah utara. Pada tahun 2016 terpusat pada Kecamatan Batang, Kendamen dan sebagian wilayah kecamatan Gringsing. Kemudian dilanjutkan pada tahun 2019 mulai terdistribusi pada kecamatan sebelahnya yaitu keseluruhan Kecamatan Tulis dan Gringsing serta sebagian Kecamatan Subah, Banyuputih dan Limpung. Sedangkan pada periode setelah pandemi distribusi suhu permukaan lebih meningkat, yang mulanya pada tahun 2021 (puncak pandemi) hanya berpusat pada Kecamatan Batang dan sebagian Kecamatan Kendamen dan Gringsing kemudian mengalami peningkatan pada tahun 2023 pada seluruh wilayah kecamatan di bagian utara ditambah Kecamatan Warungasem dan Wonotunggal yang berada pada sisi selatan Kecamatan Batang. Tidak hanya itu sebagian wilayah Kecamatan Bandar, Pecalungan, Limpung dan Terseno juga mengalami peningkatan suhu yang relatif luas.





Gambar 12. Grafik luas wilayah yang mengalami fenomena UHI dan non UHI di Kabupaten Batang

Tabel 4. Luasan fenomena UHI dan non UHI di Kabupaten Batang

Klasifikasi	Sebelum Pandemi Covid 19			Setelah Pandemi Covid 19		
	2016	2019	Perubahan	2021	2023	Perubahan
Non UHI	603.32	595.51	-1%	630.54	589.16	-7%
UHI 1	139.98	122.22	-13%	120.77	117.43	-3%
UHI 2	69.05	73.06	6%	80.87	75.85	-6%
UHI 3	26.99	37.74	40%	15.98	44.60	179%
UHI 4	17.92	28.72	60%	9.10	30.22	232%

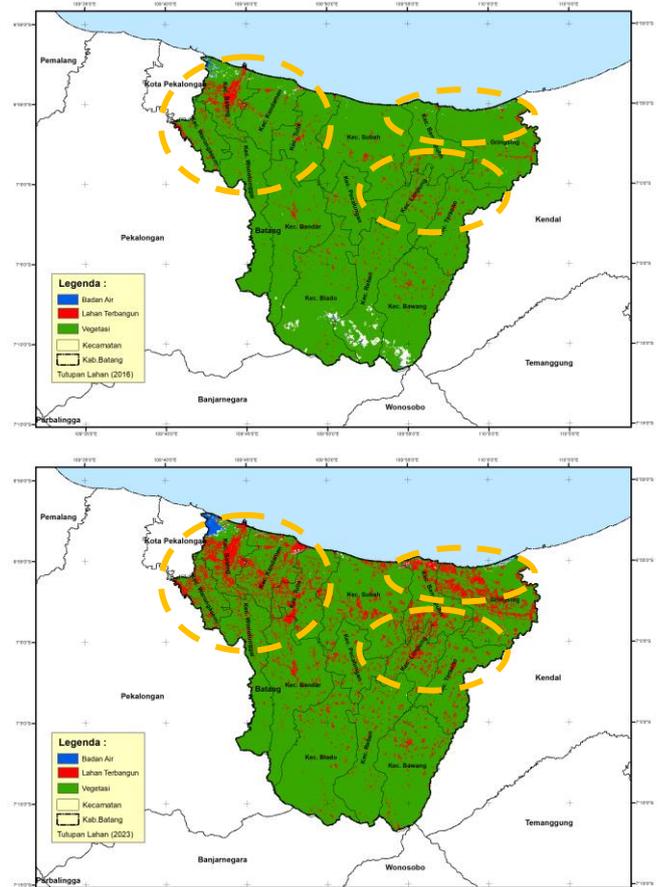
Secara spasial distribusi sebaran wilayah yang tidak mengalami UHI mengalami penurunan baik itu periode sebelum pandemi maupun setelah pandemi. Pada periode 2016-2019 wilayah yang tidak mengalami UHI menurun hingga 1% dari luas sebelumnya sedangkan setelah pandemi mengalami menurun hingga 7% dari luasan sebelumnya pada tahun 2021 dimana puncak pandemi Covid 19 sedang berlangsung. Sebaliknya dengan wilayah yang mengalami UHI terdapat peningkatan yang signifikan. Pada tabel 4 menyatakan bahwa dari keseluruhan klasifikasi yang mengalami UHI (kelas UHI 1 – 4) terjadi peningkatan luas sebesar 3% atau 780 ha pada periode sebelum pandemi dan 18% atau 4,138 ha pada masa setelah pandemi. Hal tersebut mendefinisikan bahwa luasan yang tidak mengalami UHI berkurang cukup besar karena peningkatan wilayah yang mengalami UHI meningkat pesat pada masa pandemi berkisar 2 tahun. Hal ini juga selaras dengan peningkatan suhu permukaan periode setelah pandemi sebesar 3.75°C selama 2 tahun.

D. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Kaitanya Dengan Perubahan Suhu Permukaan DI Kabupaten Batang

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa perubahan suhu permukaan tidak lepas dari perubahan tutupan lahan yang dinamis. Maka menjadi penting untuk memanfaatkan citra multispektral Landsat 8 untuk menganalisis kerapatan vegetasi, tutupan air, dan kepadatan bangunan.



Gambar 13. Grafik perubahan luas tutupan lahan di Kabupaten Batang



Gambar 14. Tutupan lahan Kabupaten Batang tahun 2016 dan 2023

Secara umum analisis ini dapat mendukung bahwa terjadi penambahan luas wilayah yang mengalami fenomena UHI selaras dengan penambahan lahan terbangun sebesar 241% atau 7,613.70 ha sedangkan untuk vegetasi mengalami penurunan sebesar 9% atau 7,151.59 ha sesuai dengan gambar 13. Dapat terlihat pada gambar 14 terdapat perbedaan atau adanya penambahan luas wilayah untuk lahan terbangun khususnya pada 7 kecamatan yang telah dibahas sebelumnya.

Tabel 5. Luasan (Ha) perubahan tutupan lahan di Kabupaten Batang

Kecamatan	2016			2023		
	Vegetasi	Air	Terbangun	Vegetasi	Air	Terbangun
Batang	2,809.82	74.56	746.67	2,031.10	320.52	1276.78
Kendamen	4,034.33	9.03	169.78	3,100.33	17.63	1098.50
Tulis	4,348.46	0.58	161.89	3,719.33	6.20	780.94
Gringsing	7,425.12	15.01	281.85	5,841.57	33.18	1819.71
Banyuputih	4,212.50	0.10	156.85	3,328.26	5.40	1015.22
Terseno	4,972.51	0.00	163.74	4,744.31	0.00	392.56
Limpung	3,279.95	0.00	200.60	2,942.24	0.00	536.60

Sesuai dengan tabel diatas, 7 kecamatan tersebut mengalami penurunan luas untuk area vegetasi sedangkan area badan air dan lahan terbangun mengalami peningkatan. Selama 7 tahun terakhir masing-masing kecamatan turut andil dalam penambahan lahan terbangun Kabupaten Batang, kecamatan Kendamen, Gringsing, dan Banyuputih sebagai penyumbang lahan terbangun terbesar dengan penambahan luas 923.72 ha, 1,537.86 ha, dan 858.37 ha dimana kenaikannya mencapai 500% lebih jika dibandingkan dengan luas lahan terbangun pada tahun 2016. Sama halnya dengan penelitian [10], dari tahun 2013 hingga tahun 2020 Kota Tegal mengalami penambahan

kawasan terbangun sedangkan untuk luas vegetasi dan perairan semakin berkurang sehingga hal tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap kenaikan suhu permukaan. Meskipun secara umum terdapat kenaikan suhu permukaan tetapi tidak semua kecamatan diatas mengalami fenomena UHI sesuai dengan tabel 2 dan 3.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Batang mengalami kenaikan suhu permukaan selama 7 tahun terakhir yaitu $\pm 2^{\circ}\text{C}$ atau 6%, dari suhu pada tahun 2016 dengan rata-rata suhu permukaan sebesar 33.55°C dan pada tahun 2023 sebesar 35.55°C . Pada 2 tahun terakhir setelah pandemi Covid 19 mengalami peningkatan suhu yang signifikan dibandingkan dengan tren kenaikan suhu permukaan dari tahun 2016 hingga 2019 sebelum pandemi Covid 2019, sedangkan pada tahun 2020 dan 2021 mengalami penurunan suhu akibat pandemi Covid 19 dengan kebijakan pemerintah dalam pembatasan aktivitas diluar rumah. Terdapat 5 dari 7 kecamatan kawasan perkotaan di Kabupaten Batang yang mengalami fenomena UHI setelah pandemi Covid 19. Kecamatan tersebut adalah Kecamatan Batang, Kendamen, Tulis, Gringsing dan Banyuputih yang secara geografis terletak pada ujung barat dan timur dari batas kabupaten. Selain itu Kecamatan Tulis mengalami peningkatan suhu yang tinggi dimana pada tahun 2021 memiliki suhu permukaan 33.59°C dan dikategorikan tidak mengalami UHI sedangkan pada tahun 2023 meningkat menjadi 39.53°C serta mengalami fenomena UHI dengan peningkatan sebesar 5.94°C . Kecamatan Batang menjadi kecamatan yang mengalami fenomena UHI paling tinggi dengan suhu permukaan rata-rata 40.82°C pada tahun 2023 karena selain menjadi ibukota Kabupaten Batang juga berbatasan langsung dengan Kota Pekalongan yang bisa jadi menjadi wilayah pengembangan perekonomian dari Kota Pekalongan itu sendiri.

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis lebih lanjut dengan data RTRW untuk menjadikan acuan dalam rangka perencanaan penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Salah satu upaya untuk menekan fenomena UHI adalah menyediakan RTH minimal sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan yaitu 30% dari luas wilayah yang terdiri dari 20% RTH publik dan 10% RTH privat. Dikutip dari website Dinas Pusdatar Provinsi Jawa Tengah, Kabupaten Batang memiliki kekurangan luas kekurangan RTH publik sebesar 12.49% atau 1.149,5 ha. Hal tersebut sangat mengkhawatirkan mengingat kebutuhan RTH publik yang belum terpenuhi, lalu bagaimana pemerintah memberikan pemahaman masyarakat untuk memenuhi RTH privat sesuai aturan yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prof. Dr. Ir. Odi R. Pinontoan, M. S., Dr. Oksfriani J. Sumampouw, S. P. M. K., & Dr. dr. Jeini E. Nelwan, M. K. (2022). *Perubahan Iklim Dan Pemanasan Global*. Deepublish. <https://books.google.co.id/books?id=mLmFEAAAQBAJ>.
- [2] Zulkarnain, R. C. (2016). Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu permukaan di kota surabaya. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 1-306.
- [3] Muzaky, H., & Jaelani, L. M. (2019). Analisis Pengaruh Tutupan Lahan terhadap Distribusi Suhu Permukaan: Kajian Urban Heat Island di Jakarta, Bandung dan Surabaya. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia Agustus*, 01(02). <http://jurnal.mapin.or.id/index.php/jppi/issue/archive>.
- [4] Elwanto, B., Dewantoro, B., Natani, P. A., & Islamiah, Z. (2021). Analisis Surface Urban Heat Island Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Berbasis Cloud Computing Pada Google Earth Engine Di Kota Samarinda (Analysis of Surface Urban Heat Island Using Remote Sensing Cloud-Computing Based Techniques on Google Earth Engine in Samarinda City)..
- [5] Jatayu, A. (2017). Analisis Perubahan Temperatur Permukaan Wilayah Surabaya Timur Tahun 2001-2016 Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 429–433.
- [6] Syamsudin, F. (2017). Dampak Pemanasan Pulau Perkotaan (Urban Heat Island) pada Peningkatan Tren Curah Hujan Ekstrem dan Aerosol di Megapolitan Jakarta Sejak 1986. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(1), 54–61.
- [7] Handayanto, R. T., Haryono, & Herlawati. (2023). Perubahan Kerapatan Vegetasi dan Penutup Lahan Terhadap Urban Heat Island (UHI) di Kota Bekasi. *Journal of Students' Research in Computer Science*, 4(1), 157–166. <https://doi.org/10.31599/jsrscs.v4i1.2655>.
- [8] Cattaneo, C., & Peri, G. (2016). The migration response to increasing temperatures. *Journal of development economics*, 122, 127-146.
- [9] Adib, M. (2014). Pemanasan global, perubahan iklim, dampak dan solusinya di sektor pertanian. *BioKultur*, 3(2), 420-429.
- [10] Satria, C., Wicaksono, A., Sukmono, A., & Hadi, F. (2021). Analisis Pengaruh Perubahan Komposisi Vegetasi Dan Kawasan Terbangun Terhadap Suhu Permukaan (Studi Kasus : Kota Tegal). *Jurnal Geodesi Undip*, 10(3), 1–10.
- [11] Wahyu Utomo, A., Suprayogi, A., & Sasmito, B. (2017). Analisis Hubungan Variasi Land Surface Temperature Dengan Kelas Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Satelit Landsat (Studi Kasus : Kabupaten Pati) (Vol. 6, Issue 2).
- [12] Rahman, M. N., Rony, M. R. H., Jannat, F. A., Chandra Pal, S., Islam, M. S., Alam, E., & Islam, A. R. M. T. (2022). Impact of urbanization on urban heat island intensity in major districts of Bangladesh using remote sensing and geo-spatial tools. *Climate*, 10(1), 3.
- [13] Fawzi, N.I. (2017). Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus di Kota Yogyakarta. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2): 195–206.
- [14] Sasmito, B., & Suprayogi, A. (2017). Model Kekritisan Indeks Lingkungan Dengan Algoritma Urban Heat Island Di Kota Semarang. *Majalah Ilmiah GLOBE*, 19(1), 45-52.
- [15] Fadlin, F., Kurniadin, N., & Prasetya, A. S. (2020). Analisis Indeks Kekritisan Lingkungan di Kota Makassar Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 oli/tirs. *Elipsoida : Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 3(01), 55-63. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2020.6232>.
- [16] Roshan, Gholamreza & Sarli, Reza & Grab, Stefan. (2021). The case of Tehran's urban heat island, Iran: Impacts of urban 'lockdown' associated with the COVID-19 pandemic. *Sustainable Cities and Society*. 75. 103263. 10.1016/j.scs.2021.103263.
- [17] Zhao, C., Pan, Y., Wu, H., & Zhu, Y. (2024). Quantifying the contribution of industrial zones to urban heat islands: Relevance and direct impact. *Environmental Research*, 240, 117594. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2023.117594>.
- [18] Fu'ad, E. N. (2015). Pengaruh Pemilihan Lokasi Terhadap Kesuksesan Usaha Berskala Mikro/Kecil Di Komplek Shopping Centre Jepara. In Januari (Vol. 30, Issue 1).