

Dampak perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan di Perkotaan Temanggung: Menuju realisasi program infrastruktur hijau

Hendra Sumaryana^{1*}, Imam Buchori², Anang Wahyu Sejati²

¹Program Doktor Ilmu Arsitektur dan Perkotaan, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

Koresponden Email: hendrasumaryana@students.undip.ac.id

Direvisi: 2022-01-29 | Diterima: 2022-04-25

©2022 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

Abstrak Urbanisasi membawa pengaruh yang besar pada lingkungan perkotaan, salah satunya adalah perubahan guna lahan yang memengaruhi perubahan iklim seperti kenaikan suhu permukaan di perkotaan atau *Surface Urban Heat Islands* (SUHI). Penelitian di Perkotaan Temanggung untuk melihat dampak fenomena SUHI, menemukan ancaman dan respon yang tepat dalam penanganannya. Analisis spasial dengan SIG yang dilakukan antara lain klasifikasi, overlay, dan digital image processing. Hasil penelitian menunjukkan Infrastruktur Hijau (IH) yang sudah ada belum dapat menurunkan SUHI secara optimal. Didapat kawasan terbangun bertambah seluas 98,29 atau naik 22% di wilayah penelitian pada periode 2013 – 2020, sehingga mengakibatkan kenaikan suhu permukaan. Wilayah yang mengalami kenaikan suhu permukaan di atas 30 °C bertambah 84,96 ha atau naik 268 % dibandingkan pada tahun 2013. Hal ini mengindikasikan bahwa pengembangan Infrastruktur Hijau (IH) masih harus terus dilakukan. Penelitian ini membuktikan bahwa untuk menjamin kota yang berkelanjutan, perencanaan IH harus menjadi program prioritas.

Kata kunci: Urbanisasi; lingkungan perkotaan; Infrastruktur Hijau; Analisis Spasial; Landsat 8.

Abstract Urbanization has a big influence on the urban environment, one of which is land use changes that affect climate change such as the increase in *Surface Urban Heat Islands* (SUHI). Based on the impact and the urgency of this phenomenon, this study aims to identify threats and appropriate responses in handling them. Spatial analysis in GIS carried out include classification, Overlay, and Digital Image Processing. The results show that the existing Green Infrastructure (IH) has not been able to reduce SUHI. It was found that the built area increased by 98.29 or increased by 22% in the research area in the 2013 - 2020 period, resulting in an increase in surface temperature. Areas experiencing a high increase in surface temperature above 30 °C increased by 84.96 ha or an increase of 268% compared to 2013. This indicates that the development of Green Infrastructure (GI) still has to be carried out. This research proves that to ensure a sustainable city, GI planning must be a priority program.

Keywords: Urbanization; Urban Environment; Green Infrastructure; Spatial Analysis; Landsat 8

PENDAHULUAN

Urbanisasi menyebabkan permasalahan keberlanjutan di perkotaan (Yang et al., 2021), berdampak terhadap lingkungan dan perubahan iklim (Yudiantoro, 2016), menghambat pertumbuhan kota apabila tidak ditangani secara cerdas dan berkelanjutan (Joshi, Saxena, & Godbole, 2016). Urbanisasi selalu diikuti peningkatan perubahan fungsi lahan dan mempengaruhi perubahan iklim, (Gao et al., 2015) sehingga adaptasi lingkungan terhadap dampak perubahan penggunaan dan tutupan lahan menjadi kebutuhan yang krusial (Adger et al., 2005). Studi perubahan penggunaan dan tutupan lahan terhadap panas permukaan telah menjadi fokus kajian selama dekade ini (Gao et al. 2015; Sejati et al., 2019; Sejati et al. 2020). Perubahan tutupan vegetasi memberikan dampak negatif terhadap lingkungan alam seperti terjadi di berbagai kota di Eropa, Amerika Utara, Amerika Selatan, Asia dan Afrika dengan situasi di Afrika yang kritis (Mensah, 2014), ancaman terhadap kesehatan dan kesela-

matan masyarakat (Gao et al., 2015). Perubahan panas permukaan bumi yang menimbulkan SUHI yang memberikan dampak bagi kehidupan perkotaan khususnya dari sisi kesehatan (Oke et al., 2017),

Fenomena efek pemanasan yang terjadi sebagai akibat dari perbedaan antara suhu permukaan di perkotaan dan perdesaan ini dikenal dengan *Surface urban heat island* (SUHI). SUHI merupakan dampak dari modifikasi iklim dan berdampak peningkatan suhu permukaan (Oke et al., 2017). Parameter yang digunakan untuk analisis SUHI adalah suhu permukaan dan tutupan lahan. *Land Surface Temperature* (LST) dapat memberikan informasi perubahan suhu permukaan pada lingkungan sekitar (Dousset, B & Gourmelon, F, 2003).

Ekspansi perkotaan menyebabkan bertambahnya kawasan terbangun yang mengakibatkan efek SUHI (Tian et al., 2021), menyebabkan peningkatan ketidaknyamanan ke-

hidupan manusia (Tursilowati, 2015). Intensitas SUHI terus meningkat disebabkan kepadatan bangunan yang tinggi, tidak ada area vegetasi dan meluasnya area perkerasan (Khamchiangta & Dhakal, 2020). Perluasan kota yang terus-menerus dan perubahan lahan yang cepat, menyebabkan fenomena SUHI menjadi semakin serius, mempengaruhi pembangunan kota yang berkelanjutan dan mengurangi daya huni kota (Li et al., 2019). Pengembangan IH diyakini dapat meredam laju panas permukaan yang dapat menimbulkan SUHI (Brown et al., 2015). Penelitian membuktikan IH dapat mengurangi dan beradaptasi dampak perubahan iklim sebagai akibat dari SUHI (Gao et al., 2015). IH perkotaan sebagai strategi kebijakan yang signifikan dalam menekan dampak yang ditimbulkan oleh urbanisasi dan faktor ikutannya (Chang et al., 2021). Program dan strategi IH untuk pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan tangguh (Schiappacasse & Müller, 2015).

Kota Andalusia Spanyol melakukan pemulihan dan pelestarian beban ekologis yang besar dengan program IH (Caparrós Martínez et al., 2020), sebagai strategi penting adaptasi perubahan iklim di kota Baghdad (Abdulateef and A. S. Al-Alwan, 2021). Kebijakan penguatan IH telah diterapkan di Singapura dan Berlin, Philadelphia, Melbourne dan Sino-Singapore Tianjin Eco-city, untuk pengelolaan kota yang berkelanjutan (Liu & Jensen, 2018). Studi di Addis Abba menunjukkan kenaikan temperature panas permukaan akibat tidak terkelolanya dengan baik ruang hijau kota yang merupakan bagian dari IH (Abebe and Megento, 2016). Lebih lanjut, penelitian oleh (Koc et al., 2017) merekomendasikan penelitian lanjutan infrastruktur hijau skala lokal dan mikro.

Penelitian IH di Indonesia menjadi penting, karena pemahaman akan hal tersebut masih rendah seperti hasil penelitian di Jogjakarta hanya 50% responden yang menyatakan mampu menyebutkan contoh dari elemen infrastruktur hijau dengan tepat (Pratiwi et al., 2019). SUHI di Kota Tangerang terindikasi dengan kenaikan suhu akibat perubahan fungsi tutupan lahan (In & City, 2013). Fenomena SUHI di Kota Semarang terkait dengan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk terhadap suhu permukaan (Darlina dkk, 2018). Pemilihan lokasi penelitian di Perkotaan Temanggung karena merupakan bagian kawasan cepat tumbuh dan Kawasan Startegis Pariwisata Nasional (KSPN) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 58 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Borobudur, dengan Koridor Borobudur – Dieng, yang melewati Perkotaan Temanggung. Perda Provinsi Jateng Nomor 16 Tahun 2019 tentang RTRW Provinsi Jawa Tengah, Wilayah Temanggung ditetapkan sebagai kawasan yang berfungsi memberikan perlindungan karena mempunyai kawasan lindung hutan dan kawasan repasan air.

SUHI di daerah perkotaan kecil perlu lebih diperhatikan dibandingkan kota-kota metropolitan pesisir yang SUHI lebih terkendali karena efek mitigasi dari laut (Morabito et al., 2021). Penelitian ini untuk membuktikan bahwa peningkatan suhu permukaan yang diikuti fenomena SUHI terjadi juga di wilayah perkotaan kecil, seringkali penelitian sejenis dilaksanakan di kota besar, seperti penelitian SUHI kota-kota metropolitan Italia (Morabito et al., 2021), SUHI dianalisis di 419 kota besar global (Ram et al., 2012), fenomena SUHI pada beberapa kota besar di Indonesia (Erwin, 2019). Perkotaan Temanggung dengan luas wilayah 2.606 Ha

dengan jumlah penduduk 72.193 jiwa (Dukcapil Temanggung, 2021) merupakan daerah pegunungan, sehingga fungsi akan kawasan ini sangat vital bagi kawasan dibawahnya, maka menjadi urgen sebagai obyek penelitian. Berdasarkan kebutuhan tersebut, dan fokus dari artikel ini adalah menguantifikasi dampak perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan di perkotaan Temanggung dan kemungkinan implementasi penguatan infrastruktur hijau untuk menekan laju panas permukaan bumi dan fenomena SUHI.

METODE PENELITIAN

Pemilihan tahun pada penelitian ini dengan menggunakan data citra 2013, dikarenakan pada tahun tersebut sudah mulai berlaku penuh RTRW Kabupaten sebagai instrument pengendali pemanfaatan ruang. Sebagai pembandingan menggunakan Tahun 2020, karena mulai Tahun 2021 dilaksanakan gerakan konservasi lahan, sehingga diperlukan data kondisi IH sebelum program tersebut. Program konservasi akan dapat mempengaruhi hasil analisa tutupan lahan.

Produk tutupan lahan dikumpulkan menghasilkan gambaran tutupan lahan suatu wilayah yang kemudian memiliki klasifikasi, keakuratan, resolusi, dan periode yang berbeda dengan permukaan bumi wilayah lain (Zhou et al., 2020). Diagram alir merupakan tahapan pengolahan data atau langkah untuk memperoleh hasil Diagram alir digunakan untuk mendapatkan masing-masing parameter seperti pada Gambar 1. Penjelasan terkait gambar 1, sebagai berikut:

Koreksi Citra Landsat 8

Jenis citra Landsat 8 kategori Level – 1 yang termasuk ke dalam L1TP. Level koreksi L1TP artinya telah dilakukan koreksi presisi (*terrain* dan *precision*). Koreksi *terrain* menggunakan data *Digital Surface Model* (DEM) dan koreksi *precision* menggunakan *Ground Control Point* (GCP). Citra landsat 8 merupakan data yang kemudian dapat diolah menjadi informasi setelah melakukan tahapan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik dengan mengubah nilai DN (Digital number) menjadi nilai radiance seperti pada persamaan (1)

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

L_λ: TOA spectral radiance (Watts/(m² * srad * μm))

ML: RADIANCE_MULT_BAND_x

AL: RADIANCE_ADD_BAND_x

Qcal: DN

Transformasi NDVI

Transformasi NDVI untuk mendapatkan tutupan lahan dengan memanfaatkan band merah dan inframerah dekat pada citra landsat 8 dengan rumus seperti pada persamaan 2:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

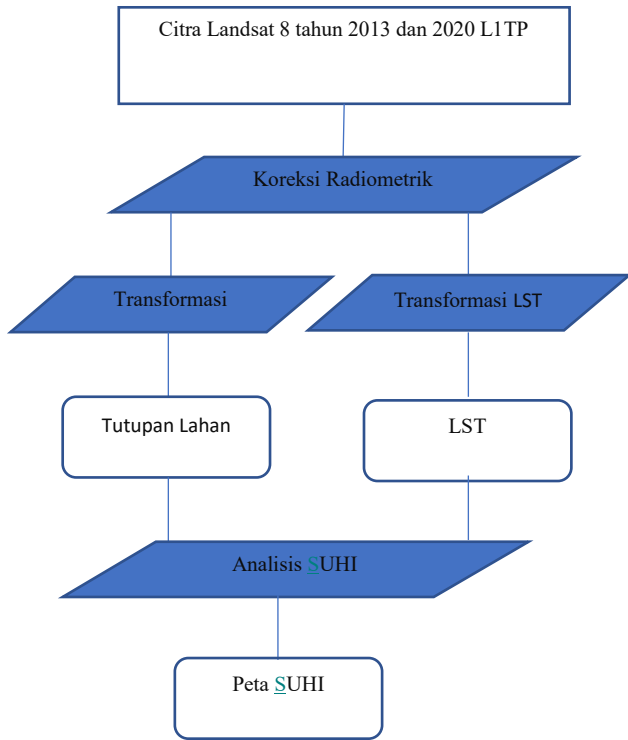
NIR: Nilai spektral saluran Near Infrared

R: Nilai spektral saluran Red.

Transformasi LST

Transformasi nilai DN ke brightness temperature menggunakan rumus:

$$TB = K2 / \{ \ln(k1/L_{\lambda} + 1) \} \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Keterangan:

- TB: At-satellite brightness temperature (K)
- Lλ: TOA spectral radiance (Watts/(m² * srad * μm))
- K1: K1_CONSTANT_BAND_x
- K2: K2_CONSTANT_BAND_x

Sedangkan untuk mendapatkan nilai suhu temperature maka menggunakan rumus:

$$T = TB / [1 + (\lambda * TB / c2) * \ln(e) \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- T: LST TB: At-satellite brightness temperature (K)
- λ: Panjang Gelombang
- c2: 14388 μmK
- e: Emisivitas

Terdapat tahapan konversi dari satuan Kelvin ke satuan Celcius. Hasil *At-satellite brightness temperature* sebenarnya adalah Kelvin kemudian dilakukan konversi ke satuan Celcius. Data citra yang digunakan pada musim yang sama yaitu musim kemarau. Citra tahun 2013 yang digunakan adalah citra landsat 8 perekaman tanggal 27 Agustus 2013 pukul 14.50 Wib. Sedangkan citra tahun 2020 merupakan

citra landsat 8 perekaman tanggal 30 agustus 2020 pukul 14.18 Wib.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan tutupan lahan 2013-2020

Berdasarkan hasil pemetaan tutupan lahan tahun 2013 dan tahun 2020 pengklasifikasian tutupan lahan menjadi 5 jenis yaitu: lahan terbangun, lahan kosong, vegetasi kepadatan rendah, vegetasi kepadatan sedang dan vegetasi kepadatan tinggi. Tutupan lahan merupakan hasil klasifikasi dari NDVI dengan metode klasifikasi Natural Break. Metode ini menentukan titik pada data dengan melihat pengelompokan dan pola data. Data yang digunakan mempunyai jangkauan dari yang terkecil sampai yang besar, dibagi-bagi dengan batas batas yang ditentukan berdasarkan nilai jangkauan terbesar (<https://webgis-simrenas.bappenas.go.id/simreg/help.html>). Pengklasifikasian tutupan lahan dengan menggunakan transformasi NDVI yang memanfaatkan Band Inframerah dekat dan band merah pada citra landsat 8 Tahun 2013 dan Tahun 2020. Citra landsat 8 dengan resolusi spasial 30-meter hanya mampu mengidentifikasi informasi tutupan lahan saja, sehingga informasi yang di dapat terbatas mendeteksi jenis tutupan lahan vegetasi atau non vegetasi, tidak sampai pada kerapatannya dan fungsi vegetasi, sesuai tujuan dalam penelitian ini. Klasifikasi tutupan lahan dijelaskan pada tabel 1.

Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan diperoleh data luasan seperti pada gambar 2.

Dalam tabel 2 dijelaskan hasil analisis luasan tutupan lahan Tahun 2013 dibandingkan dengan Tahun 2020, didapat bahwa lahan terbangun, mengalami kenaikan cukup signifikan yaitu 98,2 ha atau naik 22 % dari tahun 2013. Begitu juga untuk lahan terbuka mengalami kenaikan 25,9 ha yang naik 6,9 % dibandingkan tahun 2013. Penurunan vegetasi kepadatan rendah dan tinggi yang mencapai 253 ha atau 36,8% dibandingkan antara Tahun 2020 dengan Tahun 2013, sebagian untuk menambah luasan lahan terbangun

Tabel 1. Table Interval NDVI

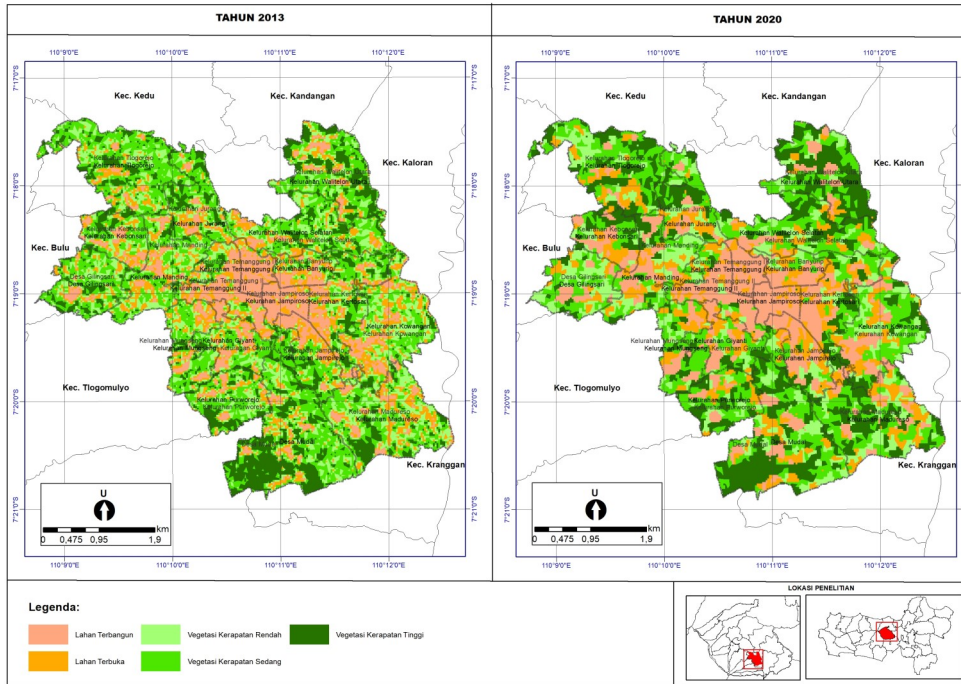
Nilai	Klasifikasi
0,020379644 - 0,167778567	Lahan Terbangun
0,167778567 - 0,248954786	Lahan Terbuka
0,248954786 - 0,323722356	Vegetasi Kepadatan Rendah
0,323722356 - 0,394217494	Vegetasi Kepadatan Sedang
0,394217494 - 0,565114796	Vegetasi Kepadatan Tinggi

Sumber: Hasil Analisis 2021

Tabel 2. Luasan Tutupan Lahan Tahun 2013 dibandingkan 2020

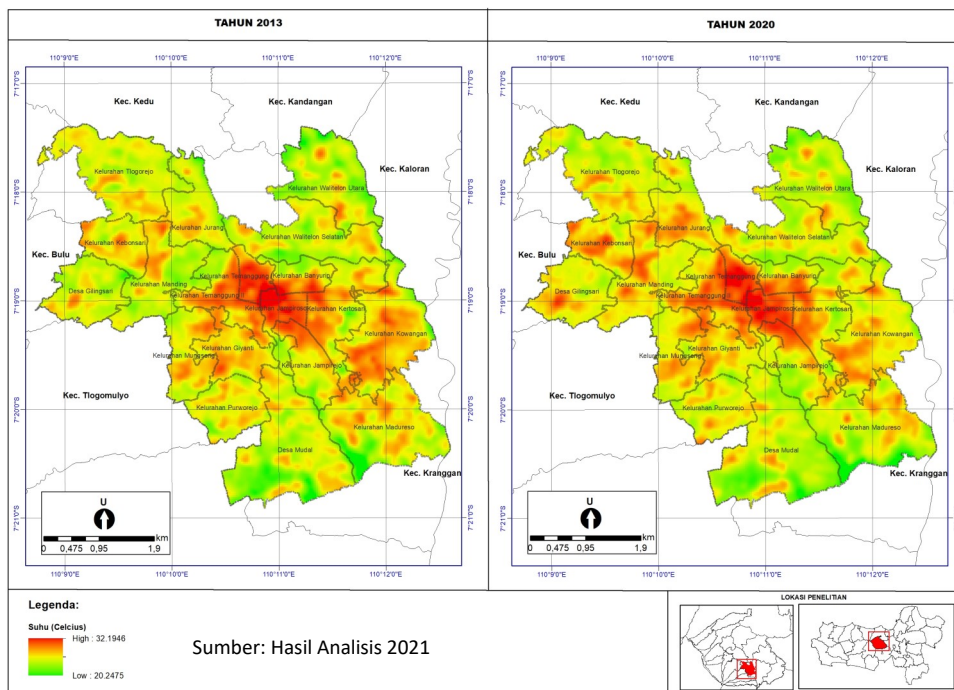
Klasifikasi	Luas tahun 2013 (ha)	Luas tahun 2020 (ha)	Selisih (ha)	%
Lahan Terbangun	406,464	504,755	98,291	22
Lahan Terbuka	372,178	398,172	25,994	6,9
Vegetasi Kepadatan Rendah	522,934	432,431	(90,503)	(17,3)
Vegetasi Kepadatan Sedang	833,305	670,742	(162,563)	(19,5)
Vegetasi Kepadatan Tinggi	441,036	569,487	128,451	29,1

Sumber: Hasil Analisis 2021



Sumber: Hasil Analisis 2021

Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Kawasan Kota Temanggung 2013 dan 2020



Sumber: Hasil Analisis 2021

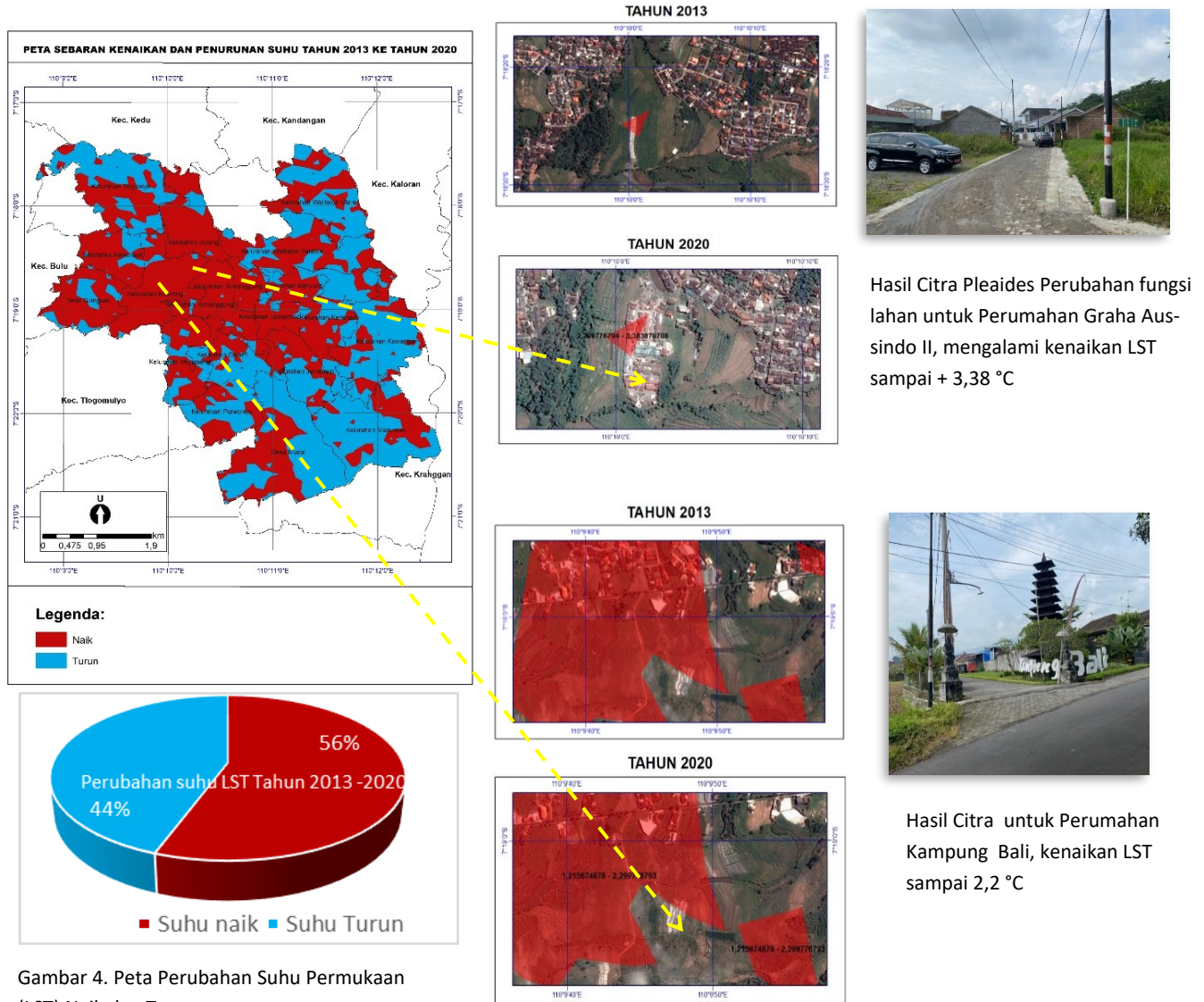
Gambar 3. Peta Suhu Permukaan Kawasan Kota Temanggung 2013 dan 2020

dan lahan terbuka, karena alih fungsi lahan. Kenaikan jumlah luasan lahan yang terbangun dan terbuka akibat dari konversi lahan mengakibatkan SUHI dan kenyamanan termal (Hami et al., 2019), menyebabkan *Surface Urban Heat Island* (SUHI), Thermal Comfort Level (TCL) yang rendah dan polusi udara (Arghavani et al., 2020).

Hasil LST (Land Surface Temperature)

LST didapatkan dari citra landsat 8 dengan memanfaatkan Band thermalnya yaitu band 10 dan band 11 yang memiliki resolusi spasial 100 meter. Dari hasil analisis citra di dapatkan peta LST atau suhu permukaan untuk tahun 2013 dan tahun 2020 dijelaskan dalam gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, hasil peta sebaran suhu permukaan diklasifikasikan menjadi 7 kelas suhu dalam derajat celsius (°C). Pengklasifikasian menggunakan rentan penilaian untuk memudahkan melihat variasi suhu permukaan. Pada tahun 2013 rentan suhu terendah yaitu 23,1 °C yang terkonsentrasi di bagian selatan dan sebagian utara, tertinggi 31,1°C yang terkonsentrasi di bagian tengah Kawasan Perkotaan Kabupaten Temanggung. Suhu permukaan Kawasan Perkotaan Kabupaten Temanggung tahun 2020 terendah yaitu 20,2 °C yang terkonsentrasi di bagian selatan kawasan, sedangkan suhu tertinggi yaitu 32, 1 °C terkonsentrasi di bagian tengah kawasan. Peningkatan suhu permukaan yang bergerak dari arah tengah ke bagian barat laut



Gambar 4. Peta Perubahan Suhu Permukaan (LST) Naik dan Turun

Tabel 3. Suhu Permukaan atau Land Surface Temperature tahun 2020 dibandingkan 2013

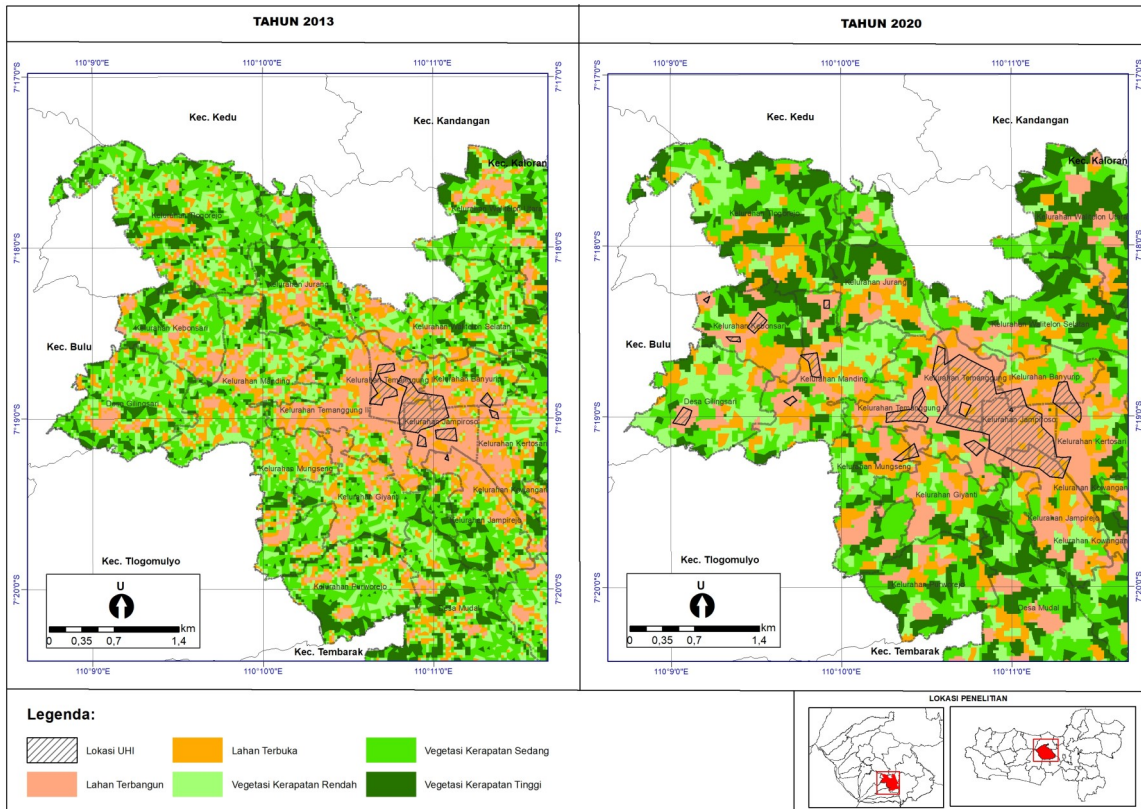
Suhu (Celcius)	Luas tahun 2013 (ha)	Luas tahun 2020 (ha)	Selisih (ha)	%
<20		2,333	2,333	0
20 – 22	10,729	20,342	9,613	89,60
24 - 26	385,489	382,595	(2,894)	(0,75)
26 - 28	1.656,863	1.499,326	(157,537)	(9,51)
28 - 30	492,159	554,904	63,745	12,23
>30	31,648	116,608	84,960	268

Sumber: Hasil analisis, 2021

dan utara yaitu menuju Kelurahan Manding, Kelurahan Jurang, Kelurahan Kebonsari dan Desa Gilingsari, dengan perubahan yang signifikan sebagaimana dijelaskan dalam dengan tabel 3.

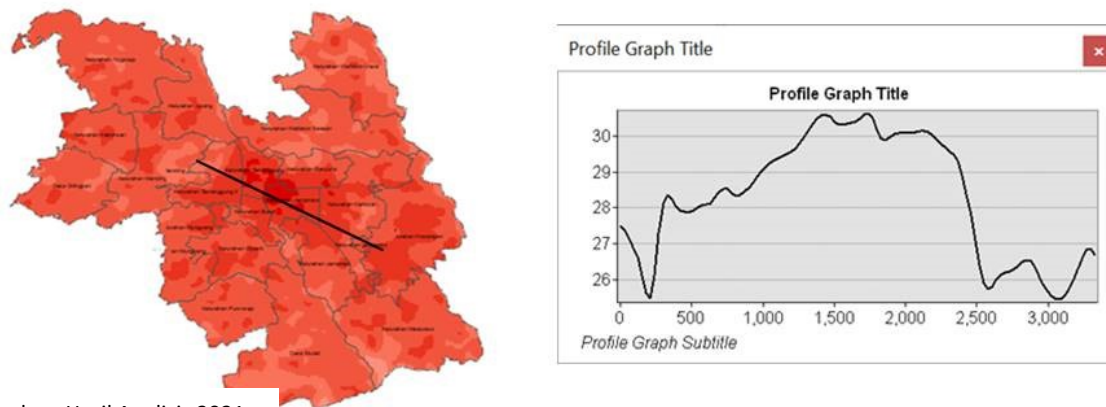
Pada tabel 3 dijelaskan perubahan terbanyak yang mengalami penurunan luasan sebaran pada suhu 26-28°C, yaitu mengalami penurunan luasan 157 ha atau turun 9,51% jika dibandingkan dengan Tahun 2013. Penurunan luasan pada suhu 26-28 °C, menyebabkan kenaikan luasan sebaran untuk suhu diatas 28 °C. Suhu permukaan >30 °C. yang mengalami peningkatan luasan cukup signifikan sejumlah 84, 96

ha atau naik 268% jika dibandingkan luasan di Tahun 2013. Peningkatan tersebut mempunyai makna banyak wilayah yang peningkatan LST yang berpotensi perluasan SUHI. Jika hal tersebut tidak diantisipasi akan menyebabkan penurunan kenyamanan termal (Swapan et al., 2021) menyebabkan masalah kesehatan, dan membuat kehidupan tidak nyaman (Mitterboeck & Korjenic, 2017), meningkatkan konsumsi energi untuk pengatur suhu (Sodoudi, Zhang, Chi, Müller, & Li, 2018) penurunan kualitas udara (Weng & Yang, 2006). SUHI terutama disebabkan oleh penggunaan material konstruksi, geometri perkotaan yang kompleks,



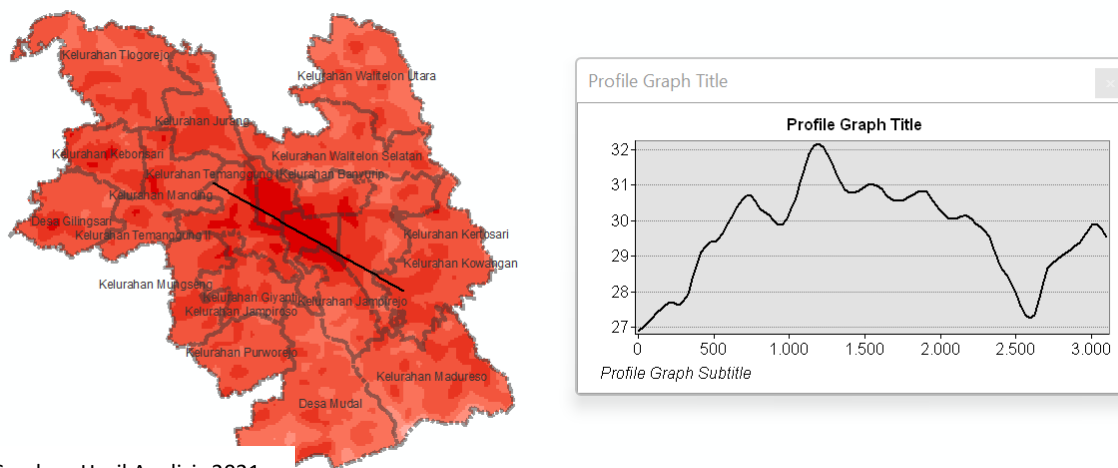
Sumber: Hasil Analisis 2021

Gambar 5. Penyediaan IH Lokasi SUHI di Kawasan Kota Temanggung



Sumber: Hasil Analisis 2021

Gambar 6. Potongan melintang dan Grafik LST tahun 2013



Sumber: Hasil Analisis 2021

Gambar 7. Potongan melintang dan Grafik LST 2020



Gambar 8. menjelaskan temuan bahwa kerapatan vegetasi IH bisa mengalami penurunan LST sampai -2°C untuk pusat kota. Tetapi karena keberadaan IH masih sangat terbatas, maka kenaikan LST tidak dapat dihindari di pusat perkotaan.

kurangnya vegetasi, dan emisi panas antropogenik (Akbari & Kolokotsa, 2016; Arnfield, 2003; Grimmond, 2007; Mohajeri, Bakaric, & Jeffrey-Bailey, 2017; Phelan dkk., 2015.) Hasil analisis LST tahun 2013 dan LST tahun 2020, terjadi perubahan suhu baik mengalami kenaikan dan juga penurunan. Dengan menggunakan sistem citra didapatkan hasil analisa perubahan suhu tahun 2013 ke tahun 2020. Berikut hasil pemetaan perubahan suhu tahun 2013 ke tahun 2020:

Pada gambar 6 dapat dijelaskan bahwa sebagian besar perkotaan Temanggung, suhunya naik sebesar 1.434,4 ha atau 56 % dari luas wilayah perkotaan Temanggung.

Infrastruktur Hijau

Hasil indikasi lokasi yang mengalami SUHI berada di Land Cover berupa Lahan Terbangun. Sedangkan wilayah dengan suhu rendah didominasi oleh tutupan lahan berupa vegetasi seperti tabel 4.

Dalam tabel 4, dijelaskan secara umum vegetasi kerapatan sedang dan vegetasi kerapatan tinggi mendominasi luasan dengan suhu rendah. Hal ini disebabkan nilai pantulan vegetasi akan menghasilkan suhu lebih rendah dibandingkan nilai pantulan tutupan lahan non vegetasi pada band 10 dan 11 Citra Landsat 8. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa lahan dengan tutupan berjenis vegetasi memiliki suhu yang lebih dingin dibandingkan dengan lahan dengan jenis tutupan lahan terbangun atau lahan terbuka. Infrastruktur hijau sebagai salah satu model untuk menekan angka kenaikan suhu di Kawasan Perkotaan Kabupaten Temanggung. Infrastruktur hijau sebagai solusi berbasis alam

untuk mengurangi efek SUHI (Carrillo-Niquete et al., 2022) (Gao et al., 2015)(Tiwari et al., 2021).

Infrastruktur hijau secara umum terbagi menjadi 2 jenis yaitu area (hub) dan jalur (link). Jenis area yang sudah ada di Kawasan Perkotaan Temanggung yaitu Hutan Kota dan RTH. Jenis area ini akan sulit dikembangkan pada kawasan padat lahan terbangun seperti di bagian pusat kawasan perkotaan. Sehingga solusi kedua yaitu infrastruktur hijau jalur (link) lebih dianggap efektif karena tidak perlu adanya area yang luas seperti misalnya penanaman pohon di koridor jalan dan bantaran sungai. Mengingat wilayah perkotaan tidak cukup hanya dengan penambahan vegetasi di koridor jalan atau bantaran sungai, maka hal yang perlu dilakukan adalah dengan mengembangkan *green building*. Kondisi penyediaan infrastruktur hijau pada tahun 2013 dan tahun 2020 seperti pada gambar 4.

Berdasarkan Gambar 5 penyediaan IH di tahun 2013 dan tahun 2020, tutupan lahan berupa vegetasi di area pusat kota yang menjadi inti penyebaran SUHI mengalami penurunan. Jenis IH yang direkomendasikan untuk dijadikan solusi mengurangi penyebaran SUHI di Perkotaan Temanggung adalah dengan IH jenis jalur (koridor jalan dan bantaran sungai) dan *green building* serta memaksimalkan IH jenis area.

Diskusi

Surface Urban Heat Island terjadi jika kawasan urban dan suburban memiliki perbedaan suhu antara $3-10^{\circ}\text{C}$. (Khomaruddin, 2004), lokasi SUHI ditentukan di mana daerah perkotaan biasanya mengalami suhu yang lebih tinggi

terhadap suhu lanskap sekitarnya (Voogt & Oke, 2003). Lokasi SUHI berdasarkan pada wilayah urban dengan perbedaan suhu dengan suburban $>3^{\circ}\text{C}$. Pembuktian di Kawasan Perkotaan Kabupaten Temanggung terjadi SUHI dapat dilihat rentan sebaran suhu tahun 2013 dan tahun 2020, dapat dilihat pada gambar potongan melintang dan grafik suhu tahun 2013, seperti pada gambar 6.

Berdasarkan gambar 6 terjadi kenaikan drastis di kawasan perkotaan bagian tengah dengan suhu berkisar antara $28\text{--}31^{\circ}\text{C}$, wilayah ini yang diindikasikan SUHI untuk kawasan perkotaan Temanggung, memiliki suhu yang lebih panas dibandingkan wilayah sekitarnya.

Pada tahun 2020 sesuai gambar 7 terdapat peningkatan suhu di bagian tengah perkotaan. Bentuk potongan melintang yang sama dengan tahun 2013 tetapi suhu tinggi pada tahun 2020 semakin meluas jika membandingkan kedua grafik suhu tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa Kawasan Perkotaan Temanggung mengalami SUHI.

Opsi pengembangan IH fokus pada pemaksimalan infrastruktur hijau jenis area dapat dilakukan melalui pengoptimalisasi *green open space*, dengan pengembangan *bioswale*, *permeable pavement*, *rain garden* and *bioretention*, dan *tree canopy expansion*. Ruang terbuka hijau merupakan perwujudan dari *green open space* (Verry Damayanti, 2019) dapat terus dikembangkan dengan memanfaatkan tutupan lahan non terbangun yang ada di Kawasan Perkotaan Temanggung.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah membuktikan pemodelan keterkaitan antara perubahan tutupan lahan, kenaikan suhu permukaan dan kebutuhan IH di perkotaan Temanggung, sebagaimana dijelaskan dalam hasil analisa diatas. Hasil yang dominan kenaikan suhu dipengaruhi oleh rendahnya penyediaan IH di perkotaan Temanggung. Berbasis dari temuan ini maka pengembangan IH menjadi hal yang penting dan mendesak, untuk mengendalikan kenaikan suhu permukaan di perkotaan. IH yang tidak tercukupi, maka laju SUHI akan semakin meluas pada wilayah perkotaan dan dapat menjadi ancaman nyata bagi keselamatan dan kenyamanan penduduk kota serta keberlanjutan pembangunan perkotaan.

Study ini masih terdapat kekurangan yaitu tidak dilakukan validasi dan kalibrasi hasil dan membuka peluang untuk studi selanjutnya mengenai kenaikan suhu terhadap jenis jenis IH selain RTH. Peneliti juga dapat mengeksplorasi citra satelit yang detail untuk mendapatkan gambaran yang lebih fokus dari perubahan fenomena ini. Terakhir, study ini bisa menjadi referensi bahwa kota kota kedua pada level kabupaten juga mengalami SUHI seperti pada kota kota besar atau kota metropolitan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didukung sebagian data dari pemerintah Kabupaten Temanggung 2021. Ucapan terima kasih kepada pemerintah daerah Kabupaten Temanggung dalam mendukung terlaksananya penelitian ini khususnya Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kab. Temanggung.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama mendisain metode penelitian, analisis

data, dan membuat naskah publikasi; **Penulis Kedua** supervisi hasil dan memeriksa kaidah penulisan ilmiah dan **Penulis Ketiga** review naskah publikasi dan menambahkan hal-hal penting untuk mencapai kelayakan naskah ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulateef, M. F., & A. S. Al-Alwan, H. (2021). The effectiveness of urban green infrastructure in reducing surface urban heat island: Baghdad city as a case study. *Ain Shams Engineering Journal*, *xxxx*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.06.012>
- Abebe, M. T., & Megento, T. L. (2016). The city of addis ababa from 'forest city' to 'urban heat island': Assessment of urban green space dynamics. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, *10*(2), 254–262. <https://doi.org/10.4090/juee.2016.v10n2.254262>
- Brown, R. D., Vanos, J., Kenny, N., & Lenzholzer, S. (2015). Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. *Landscape and Urban Planning*, *138*, 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.006>
- Caparrós Martínez, J. L., Milán García, J., Rueda López, N., & de Pablo Valenciano, J. (2020). Mapping green infrastructure and socioeconomic indicators as a public management tool: the case of the municipalities of Andalusia (Spain). *Environmental Sciences Europe*, *32*(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00418-2>
- Chang, H.-S., Lin, Z.-H., & Hsu, Y.-Y. (2021). Planning for green infrastructure and mapping synergies and trade-offs: A case study in the Yanshuei River Basin, Taiwan. *Urban Forestry & Urban Greening*, *65*(128), 127325. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127325>
- Chen, Z. (2021). Application of environmental ecological strategy in smart city space architecture planning. *Environmental Technology and Innovation*, *23*, 101684. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101684>
- Cheval, S., Popa, A. M., Şandric, I., & Ioja, I. C. (2020). Exploratory analysis of cooling effect of urban lakes on land surface temperature in Bucharest (Romania) using Landsat imagery. *Urban Climate*, *34*(July), 100696. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100696>
- Gao, J., Sun, Y., Liu, Q., Zhou, M., Lu, Y., & Li, L. (2015). Impact of extreme high temperature on mortality and regional level definition of heat wave: A multi-city study in China. *Science of the Total Environment*, *505*, 535–544. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.028>
- Hasibuan, A., & Sulaiman, oris krianto. (2019). Smart City, konsep kota cerdas Sebagai alternatif penyelesaian masalah perkotaan kabupaten/kota. *Buletinutama Teknik*, *14*(2), 127–135.
- Khamchiangta, D., & Dhakal, S. (2020). Time series analysis of land use and land cover changes related to urban heat island intensity: Case of Bangkok Metropolitan Area in Thailand. *Journal of Urban Management*, *9*(4), 383–395. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2020.09.001>
- Koc, C. B., Osmond, P., Peters, A., & Irger, M. (2017). A Methodological Framework to Assess the Thermal Performance of Green Infrastructure Through Airborne Remote Sensing. *Procedia Engineering*, *180*(02), 1306–1315. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.293>
- Li, F., Sun, W., Yang, G., & Weng, Q. (2019). Investigating spatio-temporal patterns of surface Urban heat islands in the Hangzhou Metropolitan area, China, 2000–2015. *Remote Sensing*, *11*(13), 2000–2015. <https://doi.org/10.3390/rs11131553>
- Liu, L., & Jensen, M. B. (2018). Green infrastructure for sustainable urban water management: Practices of five forerunner cities. *Cities*, *74*(January), 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.11.013>
- Mensah, C. A. (2014). Destruction of Urban Green Spaces: A Problem Beyond Urbanization in Kumasi City (Ghana). *American Journal of Environmental Protection*, *3*(1), 1. <https://doi.org/10.1016/j.ajep.2014.01.001>

doi.org/10.11648/j.ajep.20140301.11

- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge University Press.
- Pichler-Milanovič, N., & Foški, M. (2015). Green infrastructure and urban revitalisation in central Europe: Meeting environmental and spatial challenges in the inner city of Ljubljana, Slovenia. *Urbani Izziv*, 26, S50–S64. <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2015-26-supplement-004>
- Pratiwi, R. D., Fatimah, I. S., & Munandar, A. (2019). Persepsi dan Preferensi Masyarakat terhadap Infrastruktur Hijau Kota Yogyakarta. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 11(1), 33–42. <https://doi.org/10.29244/jli.v11i1.20563>
- Rohman, M. N., & Hayati, R. (2015). Geo Image (Spatial-Ecological-Regional). *Jurnal Geo Image*, 4(1), 30–37.
- Schiappacasse, P., & Müller, B. (2015). Planning green infrastructure as a source of urban and regional resilience - towards institutional challenges. *Urbani Izziv*, 26, S13–S24. <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-en-2015-26-supplement-001>
- Sejati, A. W., Buchori, I., & Rudiarto, I. (2019). The spatio-temporal trends of urban growth and surface urban heat islands over two decades in the Semarang Metropolitan Region. *Sustainable Cities and Society*, 46(July 2018), 101432. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101432>
- Sejati, Anang Wahyu, Buchori, I., Kurniawati, S., Brana, Y. C., & Fariha, T. I. (2020). Quantifying the impact of industrialization on blue carbon storage in the coastal area of Metropolitan Semarang, Indonesia. *Applied Geography*, 124(January), 102319. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102319>
- Series, C. S. (2009). Green Infrastructure Case Study. *City*, August, 1–14.
- Shaw, B. J. (2017). *The Science and Practice of Landscape Stewardship* (C. Bieling & T. Plieninger (eds.)). Cambridge University Press.
- Tian, P., Li, J., Cao, L., Pu, R., Wang, Z., Zhang, H., Chen, H., & Gong, H. (2021). Assessing spatiotemporal characteristics of urban heat islands from the perspective of an urban expansion and green infrastructure. *Sustainable Cities and Society*, 74(April), 103208. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103208>
- Tursilowati, L. (2015). URBAN HEAT ISLAND DAN KONTRIBUSINYA PADA PERUBAHAN IKLIM DAN IKLIM DAN HUBUNGANNYA DENGAN PERUBAHAN LAHAN Urban Heat Island (UHI) dicirikan seperti “ pulau ” udara permukaan panas yang terpusat suburban / rural (gambar 1 . 1). Urban Heat Island diseba. *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global Dan Perubahan Global*, April, 89–96.
- Verry Damayanti. (2019). POTENSI PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR HIJAU. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol 7, No., 233-243.
- Wijaya, H. B. (2016). *Urbanisasi Kawasan Perdesaan : Perkembangan Industri*. 179–191.
- Yang, F., Wen, X., Aziz, A., & Luhach, A. K. (2021). The need for local adaptation of smart infrastructure for sustainable economic management. *Environmental Impact Assessment Review*, 88 (January), 106565. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106565>
- Yudiantoro, P. (2016). *Mewujudkan Kota Cerdas Berkelanjutan infrastruktur PUPR terpadu untuk negeri*. 60.
- Zhang, J., Feng, X., Shi, W., Cui, J., Peng, J., Lei, L., Zhang, J., Astell-Burt, T., Jiang, Y., & Ma, J. (2021). Health promoting green infrastructure associated with green space visitation. *Urban Forestry and Urban Greening*, 64(June), 127237. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127237>
- Zheng, W., & Barker, A. (2021). Green infrastructure and urbanisation in suburban Beijing: An improved neighbourhood assessment framework. *Habitat International*, 117(July), 102423. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102423>
- Zhou, N., Hu, X., Byskov, I., Næss, J. S., Wu, Q., Zhao, W., & Cherubini, F. (2020). Overview of recent land cover changes, forest harvest areas, and soil erosion trends in Nordic countries. *Geography and Sustainability*, 2, 163–174.