

**ANALISIS POLA SUHI (SURFACE URBAN HEAT ISLAND) KOTA PESISIR
(COASTAL CITY) WILAYAH PANTAI UTARA JAWA MENGGUNAKAN DATA
SENTINEL-3 SLSTR MULTITEMPORAL
(Studi Kasus : Kabupaten Kendal dan Kabupaten Cirebon)**

Moh Adib Yahya Al Hakim^{*}, Bandi Sasmito, Firman Hadi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : muhammadadibyahyaah@gmail.com^{*}

ABSTRAK

Kawasan pesisir merupakan kawasan yang strategis dan langsung terpapar oleh kondisi laut baik dari segi jalur transportasi pelayaran, pembangunan perkotaan yang diikuti oleh pertumbuhan penduduk, dan paparan iklim laut yang tidak menentu. Faktor pertumbuhan penduduk berupa meningkatnya aktivitas manusia dan paparan langsung oleh iklim laut yang dapat menyebabkan pemanasan udara permukaan atau biasa disebut dengan fenomena *Surface Urban Heat Island* (SUHI). Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan peta persebaran intensitas SUHI tahun 2019, 2020, dan 2021 di Kabupaten Cirebon dan Kendal untuk mengetahui pola dan konsistensi dari intensitas SUHI. Persebaran dampak intensitas SUHI salah satunya dapat diidentifikasi dengan *Urban Thermal Field Variance Index* (UTFVI), dimana konsistensi juga dilihat menggunakan statistik *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi*. Nilai UTFVI berdasarkan pada area *urban* SAR Sentinel-1A dan LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 dengan RMSE 5,419 °C yang berkorelasi cukup dengan LST stasiun BMKG tahun 2021. Pola persebaran intensitas SUHI pada wilayah pesisir terjadi secara konsisten menunjukkan area dengan luas terbesar merupakan area tidak terdampak SUHI dan area terdampak SUHI paling kuat. Pola tidak selalu mengarah pada area pesisir melainkan pada Wilayah Cirebon mengarah ke Kota Cirebon dan pada bagian Selatan Wilayah Kendal mengarah ke area peristirahatan tol dan area industri.

Kata Kunci: *Getis-Ord Gi*, Kota Cirebon, Kota Kendal, *multitemporal*, Sentinel-3 SLSTR, SUHI, UTFVI

ABSTRACT

The coastal area is a strategic area and is directly exposed to sea conditions both in terms of shipping transportation routes, urban development followed by population growth, and an uncertain marine climate. Growth factors in the form of human activities and direct exposure to the marine climate can cause warming of the air on the surface or the so-called Surface Urban Heat Island (SUHI) phenomenon. The purpose of the study was to obtain a map of the distribution of SUHI intensity in 2019, 2020, and 2021 in Cirebon and Kendal regencies to determine the pattern and consistency of SUHI intensity. One of the impact distributions of SUHI intensity can be identified by the Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI), where consistency is also seen using the Getis-Ord Gi hot-spot and cold-spot statistics. The UTFVI value is based on the urban area of SAR Sentinel-1A and LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 with RMSE 5,419 °C which is moderately correlated with the LST of the BMKG station in 2021. The pattern of distribution of SUHI intensity in coastal areas consistently shows that the area with the largest area is the area not affected by SUHI and the area affected by SUHI is the strongest. The pattern not always leading to the coastal area but in the Cirebon Area leading to Cirebon City and in the southern part of the Kendal Area leading to toll road rest areas and industrial areas.

Keyword: *Cirebon City, Getis-Ord Gi, Kendal City, multitemporal, Sentinel-3 SLSTR, SUHI, UTFVI*

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Sustainable *Development Goals* (SDGs) merupakan agenda dan rencana aksi global untuk mengakhiri rantai kemiskinan, mengurangi kesenjangan, dan melindungi lingkungan disusun serta dilaksanakan oleh seluruh aktor pembangunan seperti pemerintah, *Civil Society Organization* (CSO), sektor swasta, akademisi, dan sebagainya, hal tersebut diperlukan guna mencapai 17 tujuan dan 169 target SDGs hingga tahun 2030 mendatang (Sdg2030indonesia, 2017). Salah satu tujuan dari SDGs adalah penanganan perubahan iklim yang terletak dalam tujuan ke-13 SDGs, iklim sendiri merupakan kebiasaan cuaca yang terjadi di suatu daerah atau bisa dikatakan bahwa iklim adalah ciri kecuaan dari suatu daerah yang berkaitan dengan periode waktu panjang tidak tentu dan bukan cuaca rata-rata (Wirjohamidjojo & Swarinto, 2010), ditambah kondisi Negara Indonesia tercatat pada September 2020 memiliki jumlah penduduk sebesar 270,20 juta jiwa dengan laju pertumbuhan penduduk per tahun selama 2010-2020 sebesar 1,25% (Badan Pusat Statistik, 2021).

Karakteristik lingkungan pada wilayah pesisir ditentukan oleh interaksi antara proses fisik dan aktivitas manusia itu sendiri, diperkirakan sekitar 38% dari populasi dunia bertempat tinggal di daerah dengan jarak kurang dari 100 Km dari garis pantai (Cohen dkk., 1997; Kay dan Alder, 2005 dalam Marfai dkk., 2011). Keberadaan angin musim timur membawa panas ke wilayah pesisir utara jawa sehingga menyebabkan wilayah pesisir tersebut memiliki kerentanan akan naiknya suhu permukaan (*Land Surface Temperature*) terutama pada area *urban* dapat mengakibatkan terjadinya fenomena *Surface Urban Heat Island* (SUHI) yang mampu memengaruhi curah hujan dan sistem pertanian hingga radius 10 km dari batas *urban* (McLeod dkk., 2017; Streutker, 2002 dalam Fawzi, 2017).

Studi kasus pada penelitian ini berada di wilayah pesisir pantai utara Pulau Jawa (pantura) yaitu Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Kendal. Kabupaten Cirebon dipilih karena berkembang sangat pesat sebagai pusat dari wilayah Ciayumajakuning yang terdiri atas Kabupaten Cirebon, Indramayu, Majalengka, dan Kuningan (Dede dkk., 2016; Ati dkk., 2017 dalam Dede dkk., 2019), serta terdapat angin lokal (kumbang) yang dapat memperburuk kondisi suhu udara selama periode musim kemarau (Dede dkk., 2019). Kabupaten Kendal sendiri dipilih karena memiliki pembangunan yang pesat dalam bidang industri dengan perubahan lahan kelas bangunan dan kelas lahan terbuka berturut-turut sebesar 87,49 ha dan 136,847 ha pada tahun 2009 hingga 2019 yang mengakibatkan naiknya suhu permukaan sebesar 5°C (Baihaqi dkk., 2019). Keberadaan jalur pantura dan jalan tol yang ramai dilalui oleh kendaraan juga menjadi

salah satu pertimbangan pemilihan kedua wilayah tersebut.

Pada penelitian ini identifikasi SUHI menggunakan teknik penginderaan jauh dengan satelit Sentinel-3 SLSTR Level-2 (*Sea and Land Surface Temperature Radiometer*) yang memiliki resolusi temporal kurang dari satu hari (European Space Agency, 2021). Produk Level-2 dipilih karena memiliki RMSE LST yang mendekati LST hasil ekstraksi landsat 8 apabila dibandingkan dengan produk Level-1 (Koman dkk., 2021) yang mana produk Level-2 telah terkalibrasi radiometrik dan terkoreksi geometrik. Data LST Sentinel-3 akan divalidasi dengan data stasiun suhu BMKG (Badan Meteorologi, klimatologi, dan Geofisika) yang beroperasi secara berkala dan dianggap sebagai suhu referensi yang paling benar. Uji validasi tersebut menggunakan analisis regresi linier sederhana, koefisien korelasi, dan koefisien determinasi. Penentuan wilayah *urban* menggunakan data hasil ekstraksi pengolahan SAR (*Synthetic Aperture Radar*) dari satelit Sentinel-1 kemudian dilihat kemiripannya dengan tutupan lahan ESRI *Land Cover* yang berasal dari Sentinel-2 dengan resolusi spasial 10 m. Metode yang digunakan untuk melihat persebaran intensitas SUHI adalah metode UTFVI (*Urban Thermal Field Variance Index*) karena dinilai mampu memberikan evaluasi efek SUHI pada tiap piksel di dalam area *urban* menjadi enam level klasifikasi (Sobrino & Irakulis, 2020). Adapun konsistensi hasil klasifikasi UTFVI dampak paling buruk akan dibandingkan kemiripannya dengan hasil statistik nilai *hot-spot Getis-Ord Gi*.

Berdasarkan hasil UTFVI, dapat diketahui apakah terdapat suatu kawasan yang memiliki intensitas SUHI dengan dampak paling buruk secara konsisten dari segi waktu dan wilayah meskipun berada di wilayah pesisir. Apabila kawasan tersebut ada, maka perlu diterapkan upaya penanganan SUHI pada kawasan tersebut, hal ini juga menunjukkan bahwa fenomena SUHI bukanlah fenomena acak melainkan dapat terjadi secara konsisten pada kawasan tertentu yang disebabkan oleh beberapa faktor penyebab SUHI. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai salah satu pertimbangan dalam upaya mitigasi SUHI.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil pola SUHI di wilayah pesisir Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Kendal ?
2. Bagaimana konsistensi fenomena SUHI pada suatu kawasan yang terdampak intensitas paling buruk pada wilayah pesisir Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Kendal ?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan hasil pola SUHI di wilayah pesisir Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Kendal.
2. Memperoleh konsistensi fenomena SUHI pada suatu kawasan yang terdampak intensitas paling

buruk pada wilayah pesisir Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Kendal.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Aspek Keilmuan

Pada aspek keilmuan diharapkan hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam pengembangan identifikasi intensitas SUHI secara multitemporal terkhusus pada wilayah pesisir utara Pulau Jawa menggunakan data satelit Sentinel-3 SLSTR.

2. Aspek Kerekayasaan

Pada aspek kerekayasaan, penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam upaya mitigasi suatu area terdampak SUHI dan pemantauan distribusi intensitas SUHI di wilayah pesisir utara Pulau Jawa.

I.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang diambil dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penentuan daerah *urban* mengacu pada daerah A (*urban*) hasil metode *Boundaries Definition Concept* (Sobrinho & Irakulis, 2020), dimana wilayah *urban* menggunakan data dari ekstraksi SAR Sentinel-1 yang akan dibandingkan terlebih dahulu dengan data *urban* ESRI *Land Cover*.
2. Uji validasi kebenaran nilai LST akan menggunakan data stasiun suhu BMKG yang beroperasi secara berkala dimana sebagai suhu referensi yang paling benar dalam penelitian ini.
3. Uji akurasi untuk validasi menggunakan metode regresi linier sederhana, perhitungan koefisien korelasi (R), dan koefisien determinasi (R²). Jumlah sampel ditentukan berdasarkan sebaran titik stasiun suhu BMKG dalam satu scene citra satelit Sentinel-3 SLSTR.
4. Analisis SUHI dilakukan dalam musim dan jumlah periode yang sama tetapi dengan waktu yang berbeda untuk tiap daerah studi untuk memudahkan pencarian data pada periode musim kemarau tahun 2019, 2020, dan 2021.
5. Analisis SUHI pada ketiga periode dilakukan dengan mengidentifikasi intensitas SUHI menggunakan metode *Urban Thermal Field Variance Index* (UTFVI) yang terbagi menjadi enam kelas intensitas SUHI yaitu tidak ada intensitas, lemah, sedang, kuat, terkuat, dan paling kuat.
6. Konsistensi persebaran intensitas SUHI hasil klasifikasi indeks UTFVI pada wilayah terdampak paling buruk dibandingkan dengan hasil statistik *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi*.
7. Analisis SUHI dalam penelitian ini hanya memakai nilai LST pada wilayah daratan saat siang hari.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Kawasan Pesisir

Berdasarkan *Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection* perubahan iklim adalah fenomena atmosfer yang dapat

memengaruhi komunitas berbasis lahan melalui perubahan suhu, pola curah hujan, dan lain-lain sehingga menyebabkan perubahan dalam struktur ekosistem (GESAMP, 2001). Keadaan pesisir tentu memiliki perbedaan dengan kawasan yang tidak berbatasan langsung dengan laut ditambah sifat permukaan bumi mampu menyerap suhu yang dihasilkan oleh matahari, asap/ gas rumah kaca, udara panas, dan polutan menyebabkan suhu permukaan bervariasi dan mudah berubah (Harris & Coutts, 2011).

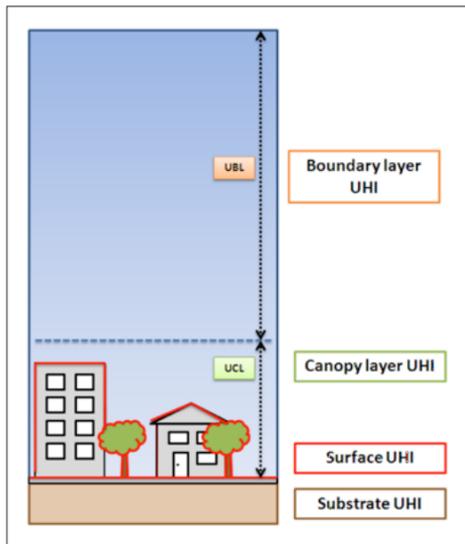
Kota pesisir yang dikaji dalam penelitian ini adalah Kabupaten Kendal dan Kabupaten Cirebon yang tentunya juga terdampak oleh perubahan iklim. Kabupaten Cirebon termasuk kedalam kota pesisir yang mengakibatkan pada tahun 2018 wilayah di Kabupaten Cirebon yang memiliki suhu permukaan lebih dari 30°C mencapai 71,7 % atau 28,7 Km² (Dede dkk., 2019). Selain itu, Kabupaten Cirebon mengalami perkembangan pesat karena berfungsi sebagai pusat wilayah bagi Ciayumajakuning (Cirebon, Indramayu, Majalengka, Kuningan) yang mana membuat alih fungsi lahan meningkat menuju *sub-urban* Kabupaten Cirebon (Dede dkk., 2016; Ati dkk., 2017 dalam Dede dkk., 2019).

Kabupaten Kendal terkenal dengan perkembangan sektor industri terutama di area dekat pesisir, berdasarkan Dwi Yulinanda Pratiwi (2019) pada tahun 2010 hingga 2019 kawasan Industri Kendal mengalami peningkatan sebesar 64,064 ha di Kecamatan pesisir (Kaliwungu) dan Boja, sehingga mengakibatkan suhu permukaan rata-rata naik sebesar 4,752°C di Kecamatan Kaliwungu dan 5,442°C di Kecamatan Boja.

II.2 Surface Urban Heat Island (SUHI)

Urban Heat Island merupakan *isoterm* tertutup yang menunjukkan daerah permukaan yang lebih hangat dibandingkan dengan daerah *suburban* atau pedesaan dan dikaitkan dengan kegiatan manusia seperti berbagai kegiatan pembangunan di kota dan kegiatan penyebab UHI lainnya (American Meteorological Society, 2000 dalam Fawzi & Jatmiko, 2018). Pada umumnya UHI dapat diklasifikasikan kedalam beberapa kategori menurut posisi vertikalnya dengan mengacu pada Harris & Coutts (2011) yaitu :

1. UHI permukaan (*Surface* UHI) terjadi pada lapisan permukaan bumi seperti jalan, bangunan, dan vegetasi yang disebabkan oleh lapisan atas permukaan.
2. UHI bawah permukaan (*Substrate* UHI) dimana panas terjadi karena adanya proses konduksi panas yang terjadi.
3. UHI atmosfer (*Canopy Layer* UHI) adalah pemanasan suhu udara yang menyebabkan terjadinya UHI dan selalu berkaitan dengan UHI permukaan.
4. UHI atas atmosfer (UBL/ *Urban Boundary Layer*) termasuk dalam jenis UHI atmosfer tetapi berada pada ketinggian ratusan meter dari permukaan.



Gambar 1. Macam – Macam UHI (Harris & Coutts, 2011)

II.3 Indeks Urban Thermal Field Variance Index (UTFVI)

Analisis spasial untuk melihat pola SUHI salah satunya dapat menggunakan indeks UTFVI dimana indeks tersebut sering digunakan untuk evaluasi ekologi lingkungan dan mempertimbangkan dampak suhu permukaan di wilayah *urban* dengan persamaan yang digunakan untuk memproses indeks UTFVI berdasarkan Sobrino & Irakulis (2020) pada **Persamaan (1)**.

$$UTFVI = 1 - (LST_{URB-MEAN} / LST_{URB-PIXEL}) \quad (1)$$

Keterangan :

$LST_{URB-MEAN}$ = LST rata - rata wilayah *urban* (°C)

$LST_{URB-PIXEL}$ = LST tiap piksel wilayah *urban* (°C)

Indeks UTFVI digunakan untuk mengevaluasi efek SUHI pada tiap piksel di dalam area *urban* (A) hasil ekstraksi SAR dimana indeks dibagi menjadi enam level klasifikasi yang menggambarkan intensitas SUHI, sebagaimana dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi Indeks UTFVI (Sobrino & Irakulis, 2020)

Nilai UTFVI	Intensitas SUHI
< 0	Tidak Ada
0 - 0,005	Lemah
0,005 - 0,010	Sedang
0,010 - 0,015	Kuat
0,015 - 0,020	Terkuat
> 0,020	Paling Kuat

II.4 Uji Akurasi Data Suhu

Validasi suhu permukaan dilakukan dengan menggunakan data lapangan yang diakuisisi oleh stasiun BMKG terhadap data citra Sentinel-3 SLSTR pada siang hari yang merupakan suhu terpanas.

II.4.1 Regresi Linier Sederhana

Berdasarkan Suyono (2015) model perhitungan regresi linier sederhana dapat dilihat pada **Persamaan (2)**.

$$Y = \beta_0 + \beta_1.X \quad (2)$$

Dimana X merupakan variabel independen, Y merupakan variabel dependen, β_0 dan β_1 adalah parameter yang nilainya tidak diketahui atau disebut koefisien regresi.

II.4.2 Koefisien Korelasi (R) dan Determinasi (R²)

Pemahaman dalam menentukan bentuk hubungan/ korelasi disajikan berdasarkan Sarwono (2006) dalam **Tabel 2**, dimana nilai R apabila $0,25 < R \leq 0,5$ sudah cukup dalam suatu hubungan korelasi itu sendiri dimana notasi +/- menentukan arah hubungan antara kedua variabel (Sarwono, 2006).

Tabel 2. Klasifikasi Hubungan Koefisien Korelasi

Nilai Koefisien Korelasi (R)	Keterangan
R = 0	Tidak memiliki korelasi
$0 < R \leq 0,25$	Korelasi sangat lemah
$0,25 < R \leq 0,5$	Korelasi cukup
$0,5 < R \leq 0,75$	Korelasi kuat
$0,75 < R \leq 0,99$	Korelasi sangat kuat
R = 1	Korelasi sempurna

Pembagian kategori R² berdasarkan Chin (1998) R² dibagi kedalam kelas kuat jika lebih dari 0,67, moderat jika lebih dari 0,33 dan kurang dari 0,67, lemah jika lebih dari 0,19 dan kurang dari 0,33.

II.4.3 Root Mean Square Error (RMSE)

Nilai RMSE yang rendah menunjukkan variasi nilai yang dianggap benar mendekati variasi nilai yang diuji atau dapat dikatakan semakin kecil nilai RMSE maka semakin dekat nilai yang diuji dengan nilai yang benar. Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung RMSE dapat dilihat pada **Persamaan (3)**.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Y' - Y)^2}{n}} \quad (3)$$

Keterangan :

Y' = Nilai Prediksi (LST Sentinel-3 SLSTR)

Y = Nilai yang dianggap benar/ Suhu BMKG

n = Jumlah Data

II.5 Perbandingan Area Urban

Berdasarkan definisi dari Sobrino & Irakulis (2020) area *urban* (A) diartikan sebagai area terluar dari kawasan perkotaan dimana seluruh bagian perkotaan baik bangunan maupun *non*-bangunan termasuk kedalam definisi *urban*. Pada penelitian ini digunakan *urban* SAR Sentinel-1A SLC yang dibandingkan kedekatannya dengan *urban* dari ESRI *Land Cover* yang memiliki resolusi spasial lebih besar yaitu 10 meter.

Berdasarkan Aini & Sukojo (2016) yang menggunakan data luas valid, omisi, dan komisi untuk membandingkan kemiripan kedua data *urban*, persamaan akurasi keseluruhan dapat dituliskan sebagaimana dapat dilihat pada **Persamaan (4)**.

$$Akurasi\ keseluruhan(\%) = \frac{Luas\ Intersection}{Luas\ Union} \times 100\% \quad (4)$$

Luas data valid adalah luas area *urban* SAR Sentinel-1 yang sesuai dengan area *urban* ESRI *Land Cover*, omisi adalah luasan suatu kategori yang tidak teridentifikasi sebagai kategori yang sama pada data

referensi dalam hal ini adalah luas area *urban* SAR yang dinyatakan sebagai non *urban* pada area *urban* ESRI *Land Cover*, adapun komisi merupakan luasan suatu kategori yang tidak sesuai pada data uji (area *urban* SAR Sentinel-1) namun sesuai pada data referensi (ESRI *Land Cover*) dalam hal ini yaitu luas non *urban* wilayah SAR dinyatakan sebagai *urban* di wilayah ESRI *Land Cover*.

II.6 Statistik *Getis-Ord Gi*

Kriteria dalam mengidentifikasi *hot-spot* atau *cold-spot* yang signifikan secara statistik adalah area harus memiliki nilai tertinggi atau terendah dalam hal ini nilai intensitas SUHI yang telah dihitung sebelumnya. Statistik *Getis-Ord Gi* memiliki dua keluaran yaitu *Gi** *p-value* dan *Gi** *z-Score*. *Gi** *p-value* atau probabilitas merupakan kemungkinan bahwa pola *hot-spot* yang ditemukan hanya disebabkan oleh proses spasial acak, adapun *Gi** *z-Score* atau standar deviasi adalah ukuran seberapa banyak area dikelompokkan (Guerrri dkk., 2021). Semakin tinggi *Gi** *z-Score* (*hot-spot*) / semakin rendah bagi *Gi** *z-Score* (*cold-spot*), serta semakin rendahnya *Gi** *p-value* menunjukkan *hot-spot* atau *cold-spot* semakin signifikan. Klasifikasi *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi* dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Klasifikasi *Getis-Ord Gi* (Guerrri dkk., 2021)

Kelas <i>Gi*</i> <i>Hot-Spot</i>	Selang Kepercayaan	Probabilitas (<i>Gi*</i> <i>p-value</i>)	Standar Deviasi (<i>Gi*</i> <i>z-Score</i>)
<i>Cold-spot</i> 99 (Level-3)	99%	<0,01	< -2,58
<i>Cold-spot</i> 95 (Level-2)	95%	<0,05	< -1,96
<i>Cold-spot</i> 90 (Level-1)	90%	<0,10	< -1,65
<i>Other areas</i>	<i>Not significant</i>	0	-1,65 < <i>z-Score</i> < 1,65
<i>Hot-spot</i> 90 (Level-1)	90%	<0,10	> 1,65
<i>Hot-spot</i> 95 (Level-2)	95%	<0,05	> 1,96
<i>Hot-spot</i> 99 (Level-3)	99%	<0,01	> 2,58

III. Metodologi Penelitian

III.1 Alat dan Data Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- A. Perangkat Lunak
 1. *Software* SNAP (*Sentinels Application Platform*) untuk pemrosesan data citra SAR Sentinel-1 SLC dan Sentinel-3 SLSTR L-2.
 2. *Software* R untuk pengolahan regresi linier sederhana, koefisien korelasi, koefisien determinasi, dan visualisasi data statistik pengujian.
 3. *Software* QGIS (*Quantum Geographic Information System*) guna pengolahan data yang memerlukan *tool* SIG, identifikasi awan dengan

komposit kanal level-1, *layouting* peta, dan visualisasi SUHI.

4. Microsoft Word untuk penulisan laporan.
5. Microsoft Excel untuk pengolahan data grafik dan diagram penelitian.
6. Microsoft Visio untuk pembuatan diagram alir penelitian.

B. Perangkat Keras

Laptop Asus TUF gaming FX504GE Windows 10 Home 64 bit, NVIDIA Geforce GTX1050, 1 TB SSHD, Intel core i7 8750H 2.2 GHz, RAM 8GB DDR4.

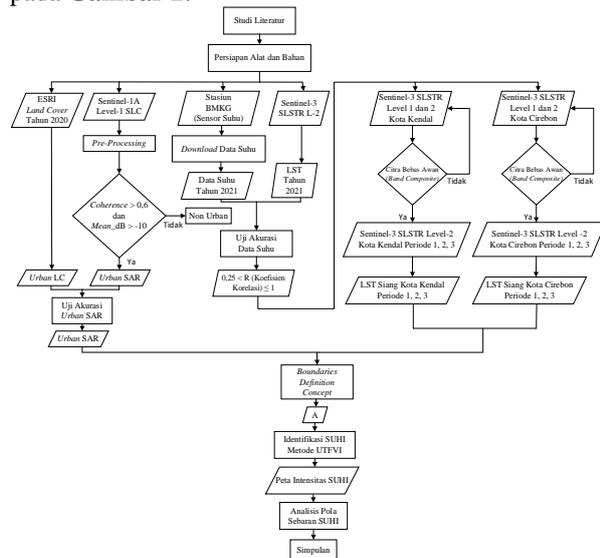
Data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Data Penelitian

No.	Jenis Data	Waktu	Keterangan
1.	Citra Satelit Sentinel-1A	- 09 Juni 2020 dan 21 Juni 2020 (Cirebon) - 04 Juni 2020 dan 16 Juni 2020 (Kendal)	- Level-1 SLC - Ekstraksi wilayah <i>urban</i>
2.	Citra Satelit Sentinel-3 SLSTR	- 05 September 2019 (14:19 WIB); B - 13 September 2019 (14:12 WIB); A	- Level-1 - Resolusi spasial 1 Km - Komposit kanal untuk deteksi awan
3.	Citra Satelit Sentinel-3 SLSTR	- 01 Agustus 2020 (14:38 WIB); A - 25 Agustus 2020 (14:16 WIB); B - 18 September 2021 (14:31 WIB); B - 10 September 2021 (14:38 WIB); A	- Level-2 - Resolusi spasial 1 Km - Ekstraksi LST - Validasi dengan data suhu BMKG
4.	Data <i>urban</i> ESRI <i>Land Cover</i> Sentinel-2	Tahun 2020	- Pemandangan data <i>urban</i> SAR
5.	Data suhu BMKG	10 September 2021	- Suhu referensi
6.	Data batas administrasi	Tahun 2021	- Sebagai batas administrasi dan membatasi wilayah studi

III.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Area urban yang digunakan sebagai batas wilayah perkotaan dihasilkan dari delineasi batas garis dan titik terluar dari SHP ESRI Land Cover maupun urban SAR.

III.3 Pelaksanaan Penelitian

III.3.1 Tahapan Persiapan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pemilihan data citra bebas awan menggunakan data Sentinel-3 SLSTR Level-1 dengan mengkomposit kanal S1, S2, dan S3, sehingga data dapat digunakan untuk pemrosesan lebih lanjut. Daftar website yang menyajikan data yang digunakan oleh peneliti tersedia pada Tabel 5.

Tabel 5. Website Penyedia Data

Data Penelitian	Website
Sentinel-1A Level-1 SLC	https://search.asf.alaska.edu/#/
Sentinel-3 SLSTR Level-2	https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home
Sentinel-3 SLSTR Level-1	https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home
Data urban ESRI Land Cover Sentinel-2	https://livingatlas.arcgis.com/landcover/
Data Batas Administrasi Wilayah Studi	https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web
Data Suhu BMKG	http://dataonline.bmkg.go.id/home

III.3.2 Tahapan Uji Akurasi Data

Pengecekan data LST dilakukan dengan membandingkan data LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 dengan data suhu BMKG dengan pengujian statistik sebagai berikut :

1. Total titik uji diperoleh dari satu waktu akuisisi citra Sentinel-3 tanggal 10 September 2021 sebanyak 38 titik stasiun suhu BMKG.
2. Deteksi data outlier menggunakan software R dengan konsep bahwa nilai outlier adalah nilai data yang letaknya lebih dari 1,5 kali panjang kotak Inner Quartile Range (IQR).

3. Perhitungan untuk mencari persamaan regresi linier sederhana, koefisien korelasi (R), dan koefisien determinasi (R²).

4. Perhitungan Nilai RMSE.

III.3.3 Tahapan Pra-Pengolahan

1. Sentinel-3 SLSTR Level-1

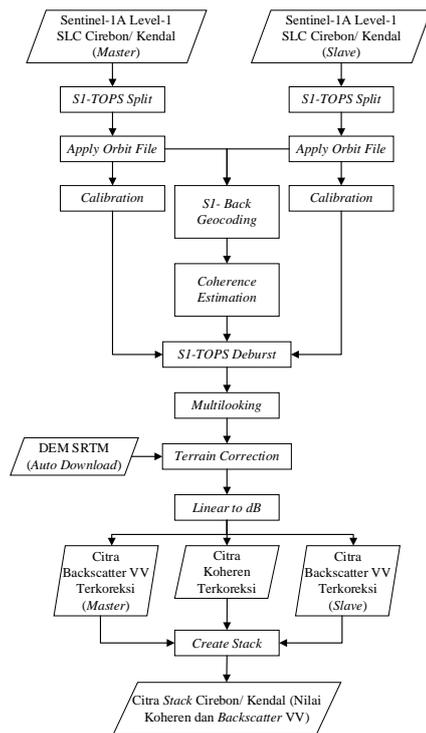
Produk level-1 digunakan untuk mendeteksi keberadaan awan melalui komposit kanal S1 sebagai red, S2 sebagai green, dan S3 sebagai blue. Setelah mendapatkan citra bebas awan pada area urban masing-masing daerah dapat dilanjutkan dengan mengunduh data dari produk level-2 dimana kedua produk tersebut memiliki tanggal dan jam akuisisi yang sama karena terletak dalam satu wahana satelit yang sama. Adapun tahapan dalam pra-pengolahan citra satelit Sentinel-3 SLSTR Level-1 terdiri atas reprojection kedalam UTM zona 49 S, resampling kanal, dan subset citra.

2. Sentinel-3 SLSTR Level-2

Data citra yang dihasilkan oleh Sentinel-3 SLSTR Level-2 telah terkalibrasi radiometrik dan terkoreksi geometrik, tetapi agar data citra dapat diolah untuk analisis lebih lanjut, data citra masih perlu untuk dilakukan pra-pengolahan berupa reprojection kedalam UTM zona 49 S dan subset citra sesuai wilayah studi dengan memilih produk (kanal subset) yang akan digunakan yaitu produk LST.

3. Sentinel-1A Level-1 Single Look Complex

Agar data SAR dapat dilakukan pengolahan lebih lanjut menjadi area urban maka diperlukan tahapan pra-pengolahan berupa S1-TOPS Split, apply orbit file, calibration, S1-TOPS Deburst, multilooking, range Doppler terrain correction, dan linier to dB. Proses tambahan dilakukan setelah proses Apply orbit file yaitu proses S1-Back Geocoding dan Coherence Estimation. Tahapan proses pra-pengolahan SAR dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Pengolahan Ekstraksi Area Urban

III.3.4 Tahapan Pengolahan Data

Proses pengolahan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri atas ekstraksi wilayah *urban* dan penentuan wilayah *urban*, berikut adalah penjabaran dari tahap pengolahan :

1. Ekstraksi Wilayah Urban Data SAR
 - a. Mencari nilai rata - rata dari *backscatter* sehingga didapatkan nilai *mean_dB*.
 - b. Mencari nilai selisih dari *backscatter* sehingga didapatkan nilai *difference_dB*.
 - c. *Composite Kanal* (RGB) dilakukan untuk menampilkan citra agar lebih mudah diidentifikasi dengan cara menginputkan nilai *backscatter* dan koheren untuk membuat komposisi RGB dengan rincian *red* diisi dengan nilai koheren, *green* diisi oleh *mean_dB*, dan *blue* diisi oleh *difference_dB*.
 - d. *Urban Extraction* berdasarkan Stewart (2017) yang merupakan peneliti di ESA dimana perhitungan ekstraksi *urban* mampu diidentifikasi apabila memiliki nilai koherensi dan *backscatter* yang tinggi dengan nilai koherensi lebih besar dari 0,6 dan nilai rata - rata *backscatter* VV lebih besar dari -10 dengan anggapan bahwa area perkotaan tidak berubah secara signifikan dengan adanya banyak bangunan dan gedung permanen yang terbangun, dimana dalam formula ini piksel yang memenuhi persyaratan akan bernilai 1 dan sebaliknya bagi piksel yang tidak memenuhi syarat akan dianggap sebagai area non-urban dengan nilai 0 (no value).

```

    If mean_db > -10 and coherence > 0.6 then 1 else 0
  
```

2. Perbandingan Area Urban

Pada penelitian ini digunakan area A sebagai definisi wilayah *urban* berdasarkan Sobrino & Irakulis (2020), dimana kawasan A adalah kawasan *urban* hasil ekstraksi SAR yang telah dilakukan *editing data* dengan menghilangkan bercak-bercak *urban* dan membuat *outter polygon* dari titik-titik terluar kawasan utama hasil ekstraksi *urban* SAR yang kemudian dibandingkan dengan data *urban* ESRI *Land Cover* yang berbentuk *tiff* menggunakan **Persamaan (4)** tentang akurasi keseluruhan, dimana data ESRI dapat diunduh pada *website* <https://livingatlas.arcgis.com/landcover/>.

III.3.5 Tahapan Analisis Data

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah analisis pola distribusi intensitas SUHI secara multitemporal selama tiga periode di Kabupaten Kendal dan Kabupaten Cirebon saat siang hari berupa peta hasil UTFVI, peta disajikan dalam skala 1 : 150.000 dengan klasifikasi berdasarkan Sobrino & Irakulis (2020) sesuai **Tabel 1**.

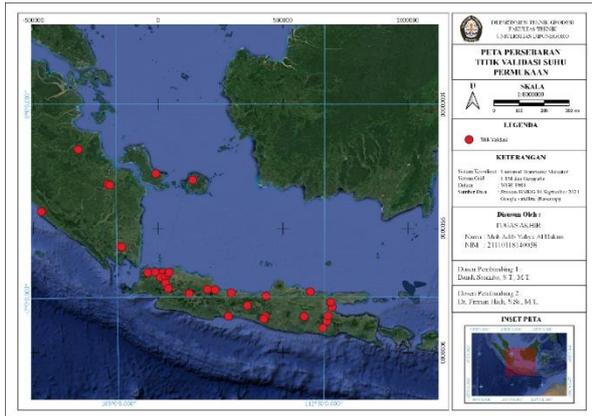
Selain itu, konsistensi kemiripan hasil klasifikasi UTFVI dengan dampak paling buruk akan dibandingkan dengan hasil kelas *hot-spot* statistik *Getis-Ord Gi* yang merupakan area dengan dampak SUHI paling buruk pada area tertentu di Wilayah Cirebon dan Kendal.

IV. Hasil dan Pembahasan

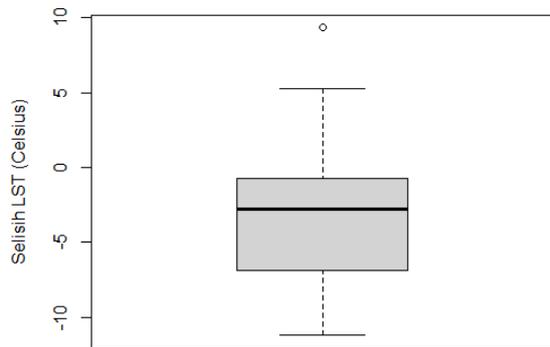
IV.1 Uji Akurasi Data Suhu Permukaan

Penelitian ini menguji nilai LST dari Sentinel-3 SLSTR Level-2 bebas awan dengan periode akuisisi 10 September 2021 (siang hari) dengan data yang diakuisisi oleh stasiun suhu lapangan milik BMKG tanggal 10 September 2021 (siang hari) sebagai data referensi yang dianggap benar. Uji akurasi nilai suhu permukaan menggunakan 37 titik uji berdasarkan Gay & Diehl (1992) dimana minimal menggunakan 30 titik uji untuk mencari keterkaitan antara dua data penelitian sama halnya dengan penelitian ini yang mencari keterkaitan nilai LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 dengan nilai suhu permukaan dari stasiun BMKG.

Data awal penelitian didapatkan 38 titik uji LST, kemudian dari hasil *boxplot* diperoleh satu data *outlier* dengan selisih suhu 9,316 °C dimana suhu Sentinel-3 Level-2 sebesar 23,7 °C dan suhu BMKG 33,1 °C dibuang, sehingga didapatkan 37 titik uji LST bebas *outlier* setelah dilakukan pengecekan kembali, sebaran titik uji LST dapat dilihat pada **Gambar 4**. *Boxplot* nilai selisih LST sebelum dan sesudah *cleaning data* berturut - turut dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**.

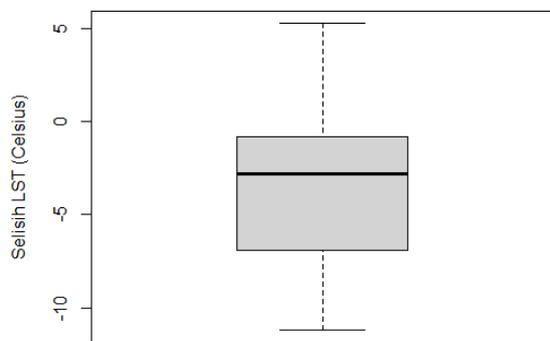


Gambar 4. Peta Persebaran Titik Uji LST



T_BMKG-T_S3L2

Gambar 5. Boxplot Outlier Nilai Selisih LST



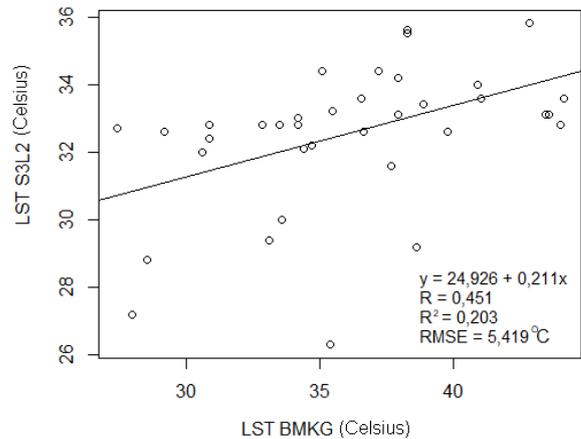
T_BMKG-T_S3L2

Gambar 6. Boxplot Nilai Selisih Suhu Bebas Outlier

Persamaan regresi linier sederhana didapatkan persamaan positif, yaitu $y = 24,926 + 0,211x$ yang berarti saat b bernilai positif maka garis regresi akan naik menunjukkan semakin besar nilai LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 maka nilai LST dari stasiun BMKG juga semakin membesar. Nilai koefisien korelasi (R) diperoleh nilai sebesar 0,451 yang berarti korelasi antara kedua data pengujian memiliki korelasi yang cukup dan dapat dikatakan LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 masih memiliki hubungan dengan nilai LST dari stasiun BMKG. Nilai koefisien determinasi/ R -square (R^2) memiliki nilai sebesar 0,203 yang

menunjukkan bahwa nilai LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 memiliki pengaruh sebesar 20,3 % terhadap nilai LST dari stasiun BMKG dengan pengaruh yang diberikan lemah berdasarkan kategori dari Chin (1998) karena memiliki nilai diantara 0,19 dan 0,33.

Nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 5,419 °C yang mana jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu RMSE ini terbilang lebih besar 3,659 °C dari penelitian Koman dkk. (2021) yaitu senilai 1,76 °C yang membandingkan data LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 dengan nilai LST Landsat 8, hal ini dapat diasumsikan bahwa pengujian nilai LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 dengan data lapangan (suhu BMKG) memiliki nilai RMSE yang lebih buruk (nilai lebih besar) jika dibandingkan dengan nilai RMSE antara sesama model citra satelit Landsat-8 OLI/TIRS dengan Sentinel-3 SLSTR Level-2 dimana nilai RMSE sesama model citra lebih kecil, hal ini karena suhu dari stasiun dinilai lebih akurat dalam memberikan informasi suhu permukaan dengan akuisisi data secara *realtime* dan berupa titik yang mengukur suhu secara langsung di atas permukaan tanah. Berbeda dengan sesama satelit yang sama - sama mengukur nilai suhu dengan jarak yang sangat jauh dari permukaan tanah dimana akuisisi citra masih dapat terpengaruh oleh suhu atmosfer dan obstruksi di atmosfer lainnya. Selain hasil perhitungan juga didapatkan visualisasi berupa *scatterplot* yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Scatterplot LST Sentinel-3 dan BMKG

IV.2 Analisis Wilayah Urban

IV.2.1 Wilayah Urban ESRI Land Cover

Data awal dari ESRI diberikan dalam bentuk raster maka perlu dikonversi kedalam vektor dan hanya menyeleksi wilayah *urban* saja. Hasil *editing* dari wilayah *urban* LC di Kabupaten Kendal dan Kabupaten Cirebon dapat dilihat pada Gambar 8.

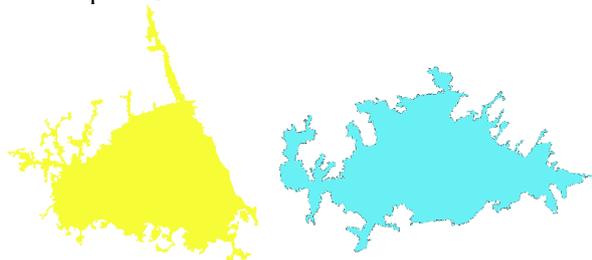


Gambar 8. Hasil Wilayah Urban LC

Data hasil *editing* diatas mengacu pada definisi wilayah *urban* untuk pengolahan UTFVI oleh Sobrino & Irakulis (2020) yang menggunakan wilayah *A boundaries definition concept* dengan segala jenis tutupan lahan yang berada dalam batas terluar *urban* seperti persawahan, taman, lahan terbuka, area jalan, dan tutupan lahan lainnya juga termasuk kedalam definisi wilayah *urban* dalam pengolahan UTFVI.

IV.2.2 Wilayah Urban SAR

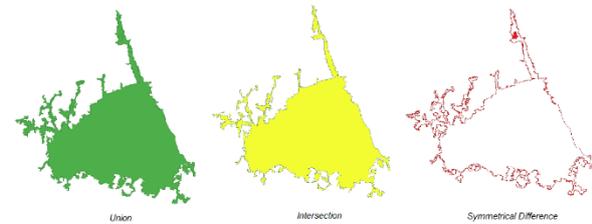
Hasil ekstraksi *urban* dengan data SAR selain mudah diperbarui, pengambilan data SAR juga terbebas dari kondisi waktu siang, malam, cuaca, dan awan. Sama halnya dengan data *urban* LC wilayah *urban* SAR juga dilakukan *editing* hingga menjadi wilayah penuh *urban* tanpa lubang – lubang sebagaimana terlihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Hasil Wilayah *Urban* SAR

IV.2.3 Akurasi Keseluruhan Wilayah Urban

Data ESRI *Land Cover* digunakan sebagai pembandingan dari data SAR karena memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi yaitu 10 meter, meskipun tinggi tetapi untuk *update* data tutupan lahannya memerlukan waktu yang lama hingga satu tahun. Perbandingan hasil wilayah *urban* LC dan SAR Kabupaten Cirebon serta Kabupaten Kendal dapat diketahui melalui analisis *overlay Union, intersection, dan symmetrical difference* yang ditunjukkan pada **Gambar 10** dan **Gambar 11**.



Gambar 10 Analisis *Overlay Urban* Kabupaten Cirebon



Gambar 11 Analisis *Overlay Urban* Kabupaten Kendal

Luasan dari analisis *overlay Union, intersection, dan symmetrical difference* dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Luas Analisis *Overlay Wilayah Urban*

Wilayah Kabupaten	Luas (Km ²)	Luas Union (Km ²)	Luas Interse	Luas Symmetrica
-------------------	-------------------------	-------------------------------	--------------	-----------------

			ction (Km ²)	l Difference (Km ²)
Cirebon SAR	190,884	198,69	188,05	10,634
Cirebon LC	196,282			
Kendal SAR	183,508	185,53	176,82	8,712
Kendal LC	178,641			

Berdasarkan perhitungan menggunakan **Persamaan (4)**, hasil akurasi keseluruhan antara wilayah *urban* SAR Sentinel-1 A SLC dengan *urban* ESRI *Land Cover* tahun 2020 memiliki kesamaan sebesar 94,648 % untuk Kabupaten Cirebon dan 95,304 % untuk Kabupaten Kendal. Sehingga *urban* SAR Sentinel-1 A SLC memiliki kemiripan yang besar dengan *urban* ESRI *Land Cover* tahun 2020 sebagai penentu tutupan lahan berupa kawasan *urban*.

IV.3 Analisis Pola SUHI

Pengecekan keberadaan awan pada citra satelit Sentinel-3 SLSTR dilakukan dengan menggunakan produk Level-1 yang dikomposit RGB, sebagaimana yang terlihat pada **Tabel 7**.

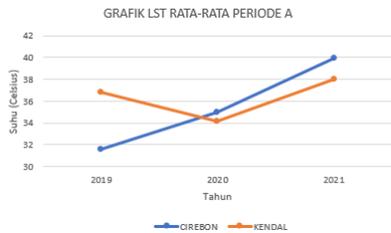
Tabel 7. Deteksi Awan Wilayah Studi

Periode	Kabupaten Cirebon	Kabupaten Kendal
- 05 September 2019 (14:19 WIB)		
- 13 September 2019 (14:12 WIB)		
- 01 Agustus 2020 (14:38 WIB)		
- 25 Agustus 2020 (14:16 WIB)		
- 18 September 2021 (14:31 WIB)		
- 10 September 2021 (14:38 WIB)		

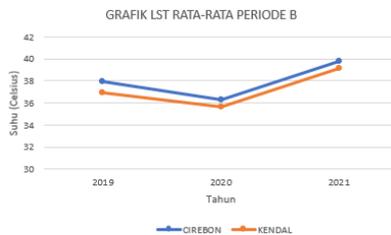
IV.3.1 Analisis Pola SUHI di Wilayah Pesisir

Pada penelitian ini periode A dan B hanya digunakan sebagai kelas untuk mempermudah penyebutan bagi penulis, maka antara periode A dan B untuk tanggal akuisisi dapat ditukar pada tahun yang sama dengan konsekuensi tidak dapat dilakukan analisis perubahan antara periode A dengan B sehingga tiap periode dibuatkan grafik/ diagram yang terpisah, serta untuk mengecek apakah pola SUHI akan tetap

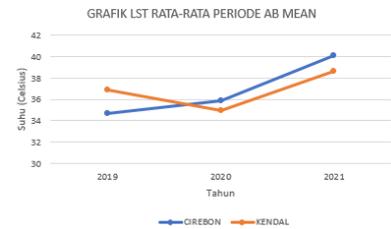
sama atau berbeda di tahun yang sama. Perhitungan UTFVI yang mengacu pada **Persamaan (1)** membutuhkan nilai LST rata – rata dari semua piksel citra LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 yang berada di dalam wilayah *urban* SAR. Grafik dari LST rata – rata tersebut dapat dilihat pada **Gambar 12**, **Gambar 13**, dan **Gambar 14** yang menunjukkan bahwa pada tahun 2021 nilai LST rata – rata konsisten memiliki nilai paling tinggi di Wilayah Cirebon maupun Wilayah Kendal.



Gambar 12. Grafik LST Rate – Rate Periode A



Gambar 13. Grafik LST Rate – Rate Periode B



Gambar 14. Grafik LST Rate – Rate Mean A dan B

Meskipun LST rata – rata pada tahun 2021 untuk setiap periode memiliki nilai tertinggi, tetapi berdasarkan hasil luasan kelas UTFVI diperoleh bahwa LST rata – rata tidak dapat menggambarkan kondisi wilayah yang terdampak SUHI dimana untuk tahun 2021 kondisi luas wilayah yang paling kuat intensitas SUHI nya tidak selalu lebih besar dari tahun lainnya begitu juga lima kelas lainnya, hal tersebut karena UTFVI membandingkan suhu pada suatu citra saja dalam wilayah *urban*, sedangkan grafik LST rata – rata dibandingkan antar tahun.

Tabel 8. Luas Kelas UTFVI Kabupaten Cirebon

KELAS	LUAS KLASIFIKASI UTFVI KABUPATEN CIREBON (Km ²)								
	PERIODE A			PERIODE B			PERIODE MEAN AB		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Tidak Ada	103,934	105,908	105,163	100,620	162,227	100,240	88,243	93,306	87,026
Lemah	1,337	10,325	7,542	6,659	3,590	4,387	3,531	4,012	4,868
Sedang	3,530	8,023	2,675	11,028	8,458	7,542	5,349	2,193	7,542
Kuat	4,011	7,919	1,337	2,664	5,349	2,675	0,000	9,254	2,674
Terkuat	0,000	2,675	6,733	4,369	3,531	3,531	1,337	13,806	10,216
Paling Kuat	105,139	81,952	102,198	99,555	35,904	107,337	92,459	70,287	75,462

Tabel 9. Luas Kelas UTFVI Kabupaten Kendal

KELAS	LUAS KLASIFIKASI UTFVI KABUPATEN KENDAL (Km ²)								
	PERIODE A			PERIODE B			PERIODE MEAN AB		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Tidak Ada	92,346	100,811	92,263	88,603	89,960	89,735	76,369	85,364	81,967
Lemah	6,672	4,378	9,348	1,332	8,365	13,318	10,654	9,697	7,619
Sedang	10,195	14,258	8,860	11,507	11,028	11,461	7,991	3,575	19,019
Kuat	7,527	2,669	9,339	6,659	13,331	15,071	7,512	4,848	13,904
Terkuat	5,338	7,047	8,006	16,147	11,028	6,766	3,995	15,488	6,659
Paling Kuat	78,168	71,745	75,848	75,293	69,672	66,817	71,747	61,387	70,302

Luas klasifikasi UTFVI memiliki luasan yang berbeda – beda untuk setiap waktu dan wilayah penelitian, tabel luas klasifikasi UTFVI dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Tabel 9**. Hasil UTFVI paling dominan terjadi pada kelas “tidak ada” dan “paling kuat” sedangkan kelas lain memiliki luasan yang rendah untuk seluruh periode. Berdasarkan **Tabel 1**, nilai batas UTFVI meliputi 0; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02 dengan interval klasifikasi sebesar 0,005. Pada nilai LST, interval klasifikasi dapat diketahui berdasarkan **Persamaan 1** yang dipindah ruas kan menjadi **Persamaan 5**.

$$X = M / (1 - U) \quad (5)$$

Keterangan :

X = Nilai Batas dari LST (°Celcius)

M = LST rata-rata *Urban* (°Celcius)

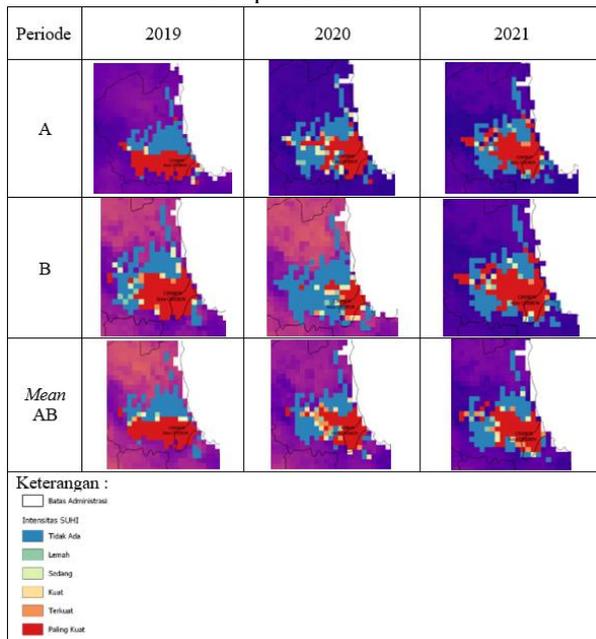
U = Nilai Batas dari UTFVI

Nilai 0; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02 digunakan sebagai U, maka X(0) = 1,000M, X(0,005) = 1,005M, X(0,010) = 1,010M, X(0,015) = 1,015M, X(0,020) = 1,020M.

Selisih nilai kelas UTFVI apabila dilihat kedalam nilai LST memiliki interval klasifikasi 0,005 kali dari nilai LST rata-rata *urban*. Nilai LST rata-rata *urban* sama dengan nilai 0 (X₀ = M), maka nilai LST dibawah LST rata-rata hingga LST terendah merupakan kawasan tidak ada intensitas SUHI dan nilai LST diatas LST rata-rata merupakan kawasan terdampak SUHI mulai dari intensitas “lemah”, “sedang”, “kuat”, “terkuat” dengan interval kecil (0,005M), serta kelas “paling kuat” memiliki interval klasifikasi dari nilai batas UTFVI 0,02 (1,020M) hingga nilai LST tertinggi, sehingga peluang kelas UTFVI “tidak ada” dan “paling kuat” untuk memiliki luas area yang besar sangat mungkin terjadi sebagaimana juga dihasilkan oleh Liu & Zhang (2011) dalam mengevaluasi UTFVI di Wilayah Hong Kong, karakteristik kelas UTFVI tersebut membuat metode ini sebaiknya digunakan untuk wilayah yang lebih luas dari lingkup kabupaten atau dapat menggunakan citra satelit dengan resolusi spasial tinggi untuk memperoleh hasil klasifikasi yang lebih beragam.

Konsistensi pola intensitas SUHI (UTFVI) dalam periode A, B, dan rata – rata dari A dengan B (AB) dapat dilihat secara spasial dengan adanya periode lain (periode B dan AB) sebagai pembanding. Peta persebaran intensitas SUHI untuk Wilayah Cirebon dan Kendal berturut – turut dapat dilihat pada **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

Tabel 10. Persebaran Intensitas SUHI Indeks UTFVI Kabupaten Cirebon



Pada Wilayah Cirebon intensitas SUHI yang paling kuat selalu berada di Wilayah Tenggara atau lebih tepatnya secara administratif berada di Kota Cirebon yang terdiri atas kawasan pemukiman padat penduduk yang berkegiatan aktif dengan kepadatan rata – rata Kota Cirebon sebesar 8,387 orang per km² dengan kepadatan tertinggi berada di Kecamatan Pekalipan sebesar 19,6 jiwa per km² dan terendah di Kecamatan Harjamukti sebesar 6,13 jiwa per km² (Pemda Kota Cirebon, 2021), visualisasi Kota Cirebon diatas citra *google satellite* dapat dilihat pada **Gambar 15**, dimana kotak kuning adalah Kecamatan Pekalipan yang memiliki hasil intensitas SUHI paling kuat lebih konsisten dan kotak biru muda adalah Kecamatan Harjamukti dengan intensitas SUHI paling kuat kurang konsisten yang mana dapat dipengaruhi faktor lain diluar kepadatan penduduk seperti tutupan lahan yang lebih banyak memiliki vegetasi daripada Kecamatan Pekalipan.



Gambar 15. Area Kota Cirebon (*Google Satellite*, 2021)

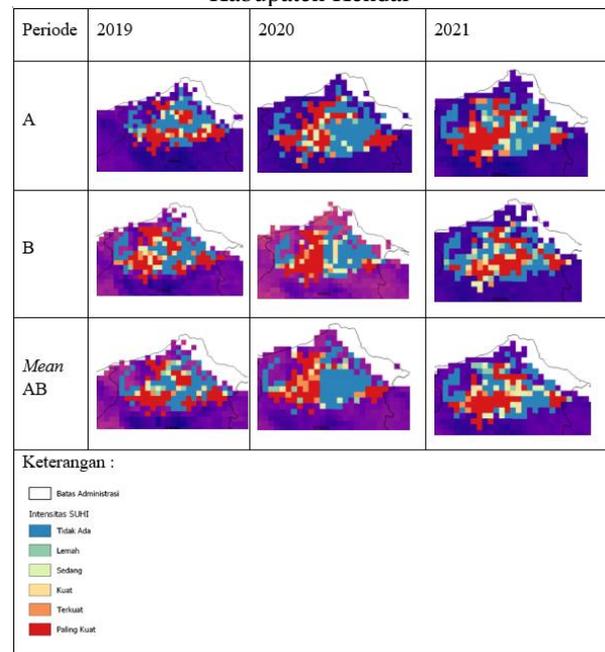
Selain itu Kota Cirebon juga terdiri atas tutupan lahan perkotaan yang berisikan *mall*, sekolah, logistik, terminal, dan bandara yang mana menyumbang intensitas SUHI paling kuat pada tahun 2019 hingga

2021 baik saat periode A, B, maupun AB walaupun dilalui oleh Jalur Pantura yang mana disini jalur tersebut tidak memberikan pengaruh yang besar di luar Kota Cirebon, sehingga konsistensi intensitas SUHI paling kuat terjadi di Kota Cirebon yang dipengaruhi oleh keberadaan kegiatan manusia dan tutupan lahan bangunan maupun gedung yang membuat kondisi perkotaan tersebut sangat buruk dari segi kenyamanan tempat tinggal berdasarkan indeks intensitas SUHI.

Pada Wilayah Kendal intensitas SUHI paling kuat terjadi secara konsisten di dua area dalam Wilayah Kendal yang dapat dilihat pada **Gambar 16** yaitu di area selatan bagian timur (kotak merah) yang berupa kawasan industri pabrik dan area selatan bagian barat (kotak kuning) yang berupa area peristirahatan tol, lahan terbuka (sawah), dan pemukiman penduduk, hal ini berbeda dengan Wilayah Cirebon yang langsung mengarah pada Kota Cirebon sebagai kawasan dengan pengaruh SUHI terbesar.

Kawasan industri pabrik memiliki pola yang konsisten dalam tingkat intensitas SUHI paling kuat dari tahun 2019 hingga 2021 dalam semua periode, kawasan ini menyumbang panas melalui kegiatan industri yang dilakukan, kurangnya ruang terbuka hijau, dan dilalui oleh jalan tol.

Tabel 11. Persebaran Intensitas SUHI Indeks UTFVI Kabupaten Kendal



Gambar 16. Area Kabupaten Kendal (*Google Satellite*, 2021)

Adapun kawasan kedua merupakan kawasan yang memiliki dua tempat peristirahatan jalan tol yang ramai akan kepadatan kendaraan roda empat dengan vegetasi yang sedikit ditambah kawasan sekitar merupakan kawasan pemukiman penduduk dan persawahan yang kurang dalam penyerapan panas maupun gas buangan kendaraan dimana jenis bahan bangunan, faktor selain matahari seperti asap, udara panas, gas buangan kendaraan CO, dan polutan menyebabkan suhu permukaan bervariasi serta memiliki hubungan linier positif (Harris & Coutts, 2011). Secara lebih jelas penampakan untuk tiap area dapat dilihat pada **Gambar 17** dengan area peristirahatan tol (A) dan area industri (B).



Gambar 17. Area SUHI Paling Kuat Wilayah Kendal (Google Satellite, 2021)

Berdasarkan hasil pengamatan dari Wilayah Cirebon dan Wilayah Kendal, pola intensitas SUHI yang memberikan dampak paling kuat (paling buruk) terjadi pada wilayah dengan aktivitas manusia, industri, dan transportasi yang sangat aktif terutama di siang hari. Selain itu, keberadaan tutupan lahan berupa pepohonan/ ruang terbuka hijau juga memiliki pengaruh yang besar terhadap penyerapan panas permukaan maupun gas buangan kendaraan (polutan) yang mampu menyebabkan efek rumah kaca.

IV.3.2 Statistik Getis-Ord Gi

Statistik ini digunakan karena menghasilkan nilai z dan p yang mampu memberitahu lokasi pengelompokan nilai UTFVI tinggi (*hot-spot*) dan rendah (*cold-spot*) secara spasial dengan signifikan. Statistik bekerja dengan melihat setiap fitur dalam konteks fitur tetangga, satu fitur dengan nilai tinggi tidak dapat menjadi *hot-spot* yang signifikan secara statistik, fitur disebut signifikan apabila suatu fitur dengan nilai tinggi dikelilingi oleh fitur lain dengan nilai tinggi juga. Prosedur pengujian statistik *Getis-Ord Gi* dapat diuraikan sebagai berikut :

- Hipotesis yang diambil berdasarkan kebutuhan pengelompokan nilai UTFVI tinggi (*hot-spot*) dan rendah (*cold-spot*) secara signifikan, maka dapat dirumuskan hipotesis null dan alternatif yaitu :
 Ho : Hasil pola spasial UTFVI merupakan pola spasial acak
 Ha : Hasil pola spasial UTFVI bukan merupakan pola spasial acak
- Taraf signifikansi berdasarkan Guerri dkk. (2021) digunakan taraf 10%, 5%, dan 1% dengan toleransi kesalahan pengambilan kesimpulan terbesar 10% dimaklumi. Berdasarkan tingkat kepercayaan, fitur yang

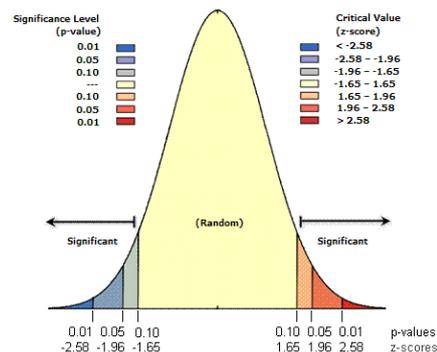
masuk dalam kelas kepercayaan tinggi secara otomatis fitur tersebut masuk kedalam tingkat kepercayaan yang lebih rendah, berbeda jika fitur masuk ke tingkat kepercayaan rendah tidak dapat masuk dalam tingkat kepercayaan lebih tinggi (tidak dapat menolak Ho untuk tingkat lebih tinggi tersebut). Tingkat kepercayaan 99% menjadi tingkat paling konservatif yang menunjukkan peluang kesimpulan salah adalah 1% dan peluang kesimpulan benar adalah 99% dimana Ho tidak ingin ditolak kecuali probabilitas pola diciptakan oleh peluang acak sangat kecil yaitu kurang dari 1% maka Ho dapat ditolak.

- Kriteria pengujian dua ekor/ *two tailed* karena hasil yang diharapkan berupa *hot-spot* dan *cold-spot*, sebagai contoh digunakan nilai UTFVI Kabupaten Kendal tahun 2021 periode A, maka kriteria dapat dirumuskan :

Ho : $\mu = -0,00277$

Ha : $\mu \neq -0,00277$

- Nilai uji statistik yang dihasilkan dari *Getis-Ord Gi* terdiri atas *z-score*/ standar deviasi dan nilai p dengan batas pengkelasan diperoleh berdasarkan tingkat kepercayaan/ *confidence level* 90%, 95%, dan 99%, grafik distribusi normal dapat dilihat pada **Gambar 18**.



Gambar 18 Grafik Distribusi Normal Pengujian (ESRI, 2022)

Terdapat 157 titik yang akan dihitung statistik, perhitungan mengacu pada ESRI (2022) sebagaimana dapat dilihat pada **Persamaan 6**, **Persamaan 7**, dan **Persamaan 8**.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (6)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (7)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - \bar{X}^2} \quad (8)$$

Dimana G_i^* adalah *z-score*, x_j adalah nilai fitur j, w_{ij} adalah bobot spasial antara fitur i dan j yang dihitung berdasarkan jarak garis lurus dari *centroid* masing – masing piksel menggunakan GIS (*Geographic Information System*), dan n adalah banyaknya fitur. Beberapa hasil *z-score* dan nilai p dapat dilihat pada **Tabel 12**. Hasil ini kemudian diklasifikasikan secara spasial mengacu pada kelas

pada **Tabel 3** dengan sebaran titik – titik *hot-spot* dan *cold-spot* dapat dilihat pada **Tabel 14**.

Nilai dengan id 11 memiliki nilai Z sebesar -4,778 ($z < -2,58$) dan nilai p sebesar 0 ($p < 0,01$) maka masuk kedalam kelas *confidence level 99% cold-spot*, nilai dengan id 32 memiliki nilai Z sebesar -2,165 ($-2,58 < z < -1,96$) dan nilai p sebesar 0,03 ($0,01 < p < 0,05$) maka masuk kedalam kelas *confidence level 95% cold-spot*, nilai dengan id 64 memiliki nilai Z sebesar -1,877 ($-1,96 < z < -1,65$) dan nilai p sebesar 0,061 ($0,05 < p < 0,1$) maka masuk kedalam kelas *confidence level 90% cold-spot*, nilai dengan id 66 memiliki nilai Z sebesar -1,560 ($z > -1,65$) dan nilai p sebesar 0,119 ($p > 0,1$) maka termasuk dalam nilai yang tidak signifikan, begitu juga untuk kelas *hot-spot* dalam pengkelasannya.

Pada Kabupaten Kendal tahun 2021 banyaknya titik untuk setiap *confidence level* dapat dilihat pada **Tabel 13**. Gi-bin menunjukkan kelas yang dihasilkan dari GIS, gi-bin nol, negatif, dan positif berturut – turut menunjukkan nilai tidak signifikan, *cold-spot*, dan *hot-spot*.

Tabel 12 Hasil Z-Score dan Nilai P

Id	UTFVI	Gi* Z-Score	Gi* P-Value	Gi-Bin
11	-0,125	-4,778	0,000	-3
32	0,038	-2,165	0,030	-2
64	-0,073	-1,877	0,061	-1
66	-0,063	-1,560	0,119	0
69	0,067	1,729	0,084	1
70	0,009	2,455	0,014	2
90	0,050	2,823	0,005	3

Tabel 13 Banyak Titik Tiap *Confidence Level*

Gi-Bin	Jumlah Titik	Confidence Level
3	12	99%
2	14	95%
1	8	90%
0	96	Not significant
-1	3	90%
-2	10	95%
-3	14	99%

Tabel 14 Sebaran *Hot-spot* dan *Cold-Spot* Kendal



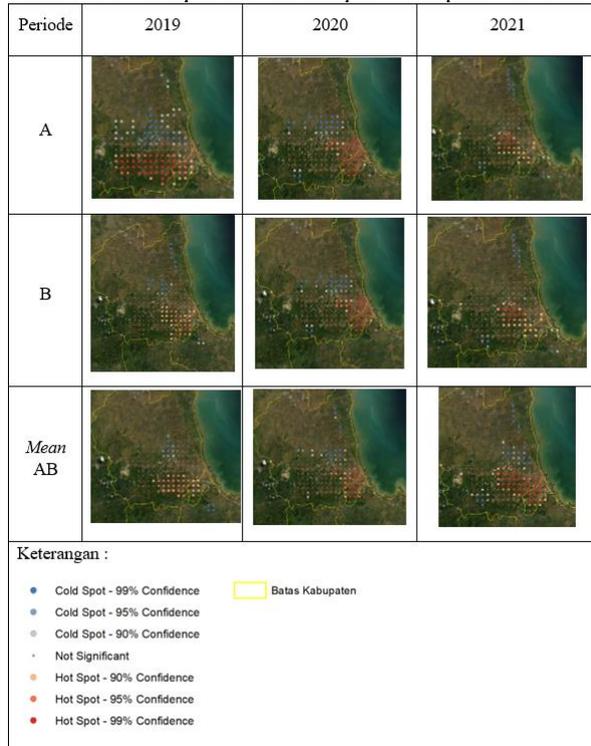
Banyak titik yang termasuk dalam nilai tidak signifikan sebanyak 96 titik, nilai *hot-spot* dengan *confidence level* 90%, 95%, 99% berturut – turut sebanyak 8, 14, dan 12 titik, serta nilai *cold-spot* dengan *confidence level* 90%, 95%, 99% berturut – turut sebanyak 3, 10, dan 14 titik.

IV.3.3 Konsistensi SUHI di Wilayah Pesisir

Statistik *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi* juga dapat digunakan sebagai deteksi apakah lokasi Wilayah Cirebon dan Wilayah Kendal yang terdampak SUHI paling buruk pada pembahasan sebelumnya tetap terdampak secara konsisten oleh intensitas SUHI paling buruk diluar kelas UTFVI.

Berdasarkan Guerri dkk. (2021) area terdampak SUHI paling buruk dapat didefinisikan sebagai area pengelompokkan nilai intensitas tinggi dari SUHI yang signifikan secara statistik dengan *z-score* $> 1,65$ (sebagai area *hot-spot*) dimana semakin kecil nilai probabilitas dan semakin besar standar deviasi ($> 1,65$) maka semakin ekstrem nilai *hot-spot* yang dihasilkan dengan kelas tertinggi yaitu pada tingkat kepercayaan 99% (Level-3).

Tabel 15. Hot-Spot dan Cold-Spot Kabupaten Cirebon



Pada Wilayah Cirebon, area terdampak SUHI paling buruk berada di Kota Cirebon. Hasil pengolahan statistik *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi* di Kota Cirebon menunjukkan bahwa area tersebut masih konsisten dengan intensitas SUHI yang paling buruk disimbolkan dengan adanya *hot-spot* berwarna kuning, jingga, dan merah yang konsisten berada dalam Kota Cirebon sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 15**, adapun *cold-spot* teramat selalu berada di Utara Kota Cirebon yang merupakan kawasan vegetasi jarang bangunan berupa persawahan.

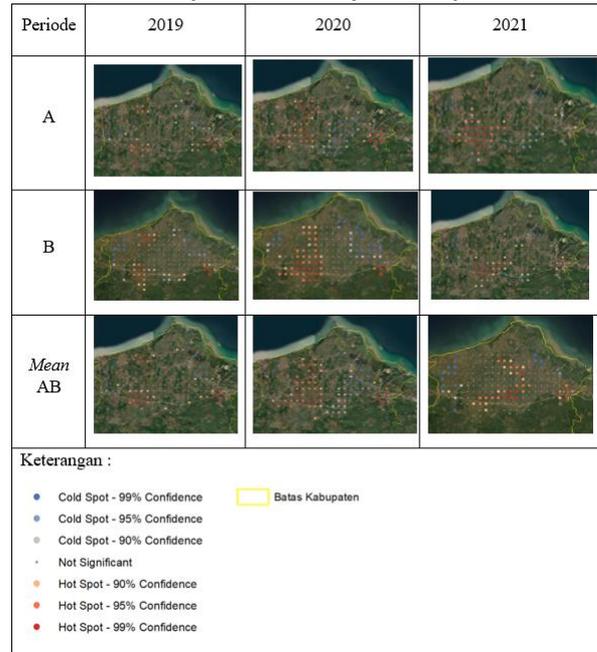
Titik *not significant* berada menyebar di seluruh kawasan *urban* yang menunjukkan area pada titik tersebut tidak memiliki korelasi spasial yang signifikan atau berada dalam rentang $-1,65 < z\text{-Score} < 1,65$ yang berarti tidak terjadi pengelompokan nilai intensitas SUHI baik *cold-spot* maupun *hot-spot*.

Area terdampak SUHI paling buruk di Wilayah Kendal pada pembahasan sebelumnya berada di area peristirahatan tol dan area industri pada bagian Selatan Wilayah Kendal. Hasil pengolahan statistik *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi* di kedua area tersebut menunjukkan bahwa kedua area tersebut masih konsisten dengan intensitas SUHI yang paling buruk disimbolkan dengan adanya *hot-spot* berwarna kuning, jingga, dan merah yang konsisten berada di area peristirahatan tol dan area industri pada bagian Selatan Wilayah Kendal sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 16**.

Adapun *cold-spot* tersebar di Daerah Barat Laut dan Timur Laut Wilayah Kendal yang mana daerah tersebut merupakan kawasan persawahan dengan pemukiman yang jarang, serta terdapat juga titik *not significant* yang memiliki sebaran titik acak di seluruh

Wilayah Kendal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada area dengan dampak paling buruk akibat intensitas SUHI, hasil klasifikasi UTFVI berupa kelas “paling kuat” memiliki konsistensi atau kesamaan lokasi persebaran dengan hasil pengolahan statistik *hot-spot* dan *cold-spot* *Getis-Ord Gi* yang berupa area *hot-spot* dalam pendefinisian wilayah terdampak SUHI paling buruk di Wilayah Cirebon (Kota Cirebon) dan pada bagian Selatan Wilayah Kendal (area peristirahatan tol dan area industri).

Tabel 16. Hot-Spot dan Cold-Spot Kabupaten Kendal



V. Penutup

V.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan uraian pembahasan penelitian dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Pola SUHI cenderung memusat pada area tertentu dan tidak selalu berada pada area pesisir. Terdapat dua kelas intensitas SUHI yang menonjol yaitu kelas tidak terdampak dan terdampak paling buruk. Area tidak terdampak SUHI memiliki kondisi suhu permukaan yang baik karena dipengaruhi oleh keberadaan vegetasi dan jauh dari perkotaan. Adapun pada area terdampak paling buruk, SUHI mengarah pada area perkotaan dan industri yang ramai dengan aktivitas manusia. SUHI berdasarkan pada nilai UTFVI yang menggunakan data area *urban* SAR Sentinel-1A dan LST Sentinel-3 SLSTR Level-2 dengan RMSE 5,419 °C yang berkorelasi cukup dengan LST BMKG tahun 2021.
2. Pada kawasan dengan dampak paling buruk, SUHI terjadi secara konsisten berdasarkan hasil persebaran tahun 2019, 2020, dan 2021. Pola *hot-spot* *Getis-Ord Gi* menunjukkan bahwa pada kawasan tersebut nilai tinggi UTFVI juga mengelompok secara signifikan. Kawasan terdampak tersebut terdiri atas area perkotaan

untuk Wilayah Cirebon dan area peristirahatan tol serta area industri untuk Wilayah Kendal.

V.2 Saran

Berdasarkan pelaksanaan penelitian yang telah penulis laksanakan, terdapat beberapa saran dan masukan yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Perlu menambahkan periode penelitian lebih dari tiga tahun sebagai analisis lebih lanjut untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih baik.
2. Parameter – parameter penyebab SUHI seperti aktivitas penduduk, vegetasi, dan tutupan lahan terbangun perlu untuk diteliti lebih lanjut korelasinya dengan intensitas SUHI menggunakan citra Sentinel-3 SLSTR.
3. Luas wilayah penelitian dapat diperluas melebihi satu kabupaten apabila menggunakan citra Sentinel-3 SLSTR Level-2 untuk pengolahan UTFVI.
4. Pengolahan data *multitemporal* membutuhkan pengolahan citra yang sangat banyak, sehingga untuk mempermudah penelitian disarankan untuk membuat otomatisasi pengolahan mulai dari koreksi citra, konversi kedalam satuan suhu tertentu, perhitungan formula UTFVI, hingga klasifikasi citra.
5. Analisis SUHI di malam hari perlu ditambahkan agar diketahui apakah pola SUHI pada saat siang hari sama atau berbeda dengan malam harinya, hal ini juga memerlukan identifikasi awan pada waktu malam harinya.
6. Penurunan resolusi piksel data SAR ke Sentinel-3 dapat disamakan untuk melihat apakah terdapat pengaruh terhadap hasil UTFVI.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., & Sukojo, B. M. (2016). Pemanfaatan Data Landsat-8 dan MODIS untuk Identifikasi Daerah Bekas Terbakar Menggunakan Metode NDVI (Studi Kasus: Kawasan Gunung Bromo). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 830–836. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17155>.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Hasil Sensus Penduduk 2020*. <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/1854/hasil-sensus-penduduk-2020.html>, diakses pada 20 Juni 2021 pukul 12.40.
- Baihaqi, H. F., Prasetyo, Y., & Bashit, N. (2019). Analisis Perkembangan Kawasan Industri Kendal Terhadap Perubahan Suhu Permukaan (Studi Kasus: Kawasan Industri Kendal, Kabupaten Kendal). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 176–186.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach for structural equation modeling. *Modern methods for business research, January 1998*, 295–336.
- Dede, M., Pramulatsih, G. P., Widiawaty, M. A., Ramadhan, Y. R. R., & Ati, A. (2019). Dinamika Suhu Permukaan Dan Kerapatan Vegetasi Di Kota Cirebon. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6(1), 23–31. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v6i1.111>
- ESRI. (2022). *spatial statistics toolbox*. <https://pro.arcgis.com>. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/2.8/tool-reference/spatial-statistics/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm>, diakses pada 27 Mei 2022 pukul 16.20.
- European Space Agency. (2021). *Sentinel*. <https://sentinel.esa.int>. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-3/satellite-description/orbit>, diakses pada 22 Juni 2021 pukul 20.10.
- Fawzi, N. I. (2017). Measuring Urban Heat Island using Remote Sensing , Case of Yogyakarta City. *Majalah Ilmiah Globe*, 19(2), 195–206.
- Fawzi, N. I., & Jatmiko, R. H. (2018). *Penginderaan Jauh Sistem Termal dan Aplikasinya* (Y. Kumai (ed.)). Penerbit Ombak. www.Penerbitombak.com
- Gay, L. R., & Diehl, P. L. (1992). *Research Methods for Business and Management*. Macmillan Publishing Company.
- GESAMP. (2001). Reports and Studies Protecting the Oceans from Land-based Activities Protecting the Oceans from Land-based Activities Land-based sources and activities. In *Changes* (Vol. 71, Nomor 71). IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP. <https://doi.org/71>
- Google Satellite. (2021). *Satellite Imagery*, diakses pada 27 Juni 2021 pukul 15.50.
- Guerri, G., Crisci, A., Messeri, A., Congedo, L., Munafò, M., & Morabito, M. (2021). Thermal summer diurnal hot-spot analysis: The role of local urban features layers. *Remote Sensing*, 13(3), 1–29. <https://doi.org/10.3390/rs13030538>
- Harris, R., & Coutts, A. (2011). Airborne Thermal Remote Sensing for Analysis of the Urban Heat Island. *Victorian Centre for Climate Change Adaptation Research*, 1–34.
- Koman, W. A. F., Sabri, L. M., & Hadi, F. (2021). Analisis Surface Urban Heat Island Menggunakan Data Sentinel-3 SLSTR (Studi Kasus : Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 10.
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER Data: A case study in Hong Kong.

- Remote Sensing*, 3(7), 1535–1552.
<https://doi.org/10.3390/rs3071535>
- Marfai, M. A., Pratomoatmojo, N. A., Hidayatullah, T., Nirwansyah, A. W., & Gomareuzzaman, M. (2011). *Model Kerentanan Wilayah Pesisir Berdasarkan Perubahan Garis Pantai dan Banjir Pasang (Studi Kasus : Wilayah Pesisir Pekalongan)* (N. Rahmawati (ed.); Nomor July 2016). RedCarpet Studio.
- Pemda Kota Cirebon. (2021). *Kepadatan Penduduk Cirebonkota.go.id*.
<https://www.cirebonkota.go.id/tentang-cirebon/demografis/>, diakses pada 26 April 2022 pukul 07.30.
- Sarwono, J. (2006). *Korelasi*. 0, 5–24.
- Sdg2030indonesia. (2017). *Sustainable Development Goals*.
<https://www.sdg2030indonesia.org/>, diakses pada 19 Juni 2021 pukul 09.10.
- Sobrin, J. A., & Irakulis, I. (2020). A methodology for comparing the surface urban heat Island in selected urban agglomerations around the world from *Sentinel-3* SLSTR data. *Remote Sensing*, 12(12).
<https://doi.org/10.3390/RS12122052>
- Stewart, C. (2017). *ESA Echoes in Space - Land: Urban Footprint mapping with Sentinel-1*.
www.youtube.com.
<https://youtu.be/JsIESstEIVw>, diakses pada 18 Juli 2021 pukul 07.35.
- Suyono. (2015). *Analisis Regresi Untuk Penelitian* (1 ed.). Deepublish.
- Wirjohamidjojo, S., & Swarinoto, Y. (2010). *Klim Kawasan Indonesia (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Yulinandan Pratiwi, D., Sudarsono, B., & Amarrohman, F. J. (2019). Analisis Perkembangan Kawasan Industri Dan Permukiman Terhadap Ruang Terbuka Hijau Dan Suhu Permukaan Tanah (Studi Kasus: Kecamatan Kaliwungu Dan Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 87–95.