

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN DENSIFIKASI BANGUNAN
TERHADAP FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* MENGGUNAKAN
ALGORITMA *URBAN INDEX* DENGAN CITRA LANDSAT
MULTITEMPORAL
(STUDI KASUS : KOTA PEKALONGAN)**

Faradina Sekar Melati*), Abdi Sukmono, Nurhadi Bashit

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

ABSTRAK

Kota Pekalongan merupakan salah satu kota yang mengalami peningkatan populasi sebesar 12.860 jiwa dari tahun 2014 ke 2019. Peningkatan populasi di Kota Pekalongan menyebabkan perkembangan wilayah pemukiman sehingga terjadi ekspansi lahan terbangun yang ditandai dengan adanya konversi penggunaan lahan. Konversi penggunaan lahan menyebabkan berkembangnya densifikasi bangunan sebagai wujud adanya perkembangan fisik suatu daerah secara horizontal. Lahan terbangun yang terus menerus berkembang namun tidak diiringi dengan peningkatan jumlah vegetasi penyerap CO₂ mengakibatkan kondisi suhu di wilayah Kota Pekalongan meningkat dan terasa semakin panas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan tingkat densifikasi bangunan dan suhu permukaan di Kota Pekalongan sehingga menyebabkan terjadinya fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Penginderaan jauh memanfaatkan data citra Landsat 8 dapat mengidentifikasi besarnya perubahan densifikasi bangunan yang terjadi pada suatu daerah dengan menggunakan interpretasi hibrida. Interpretasi hibrida dilakukan dengan menggabungkan interpretasi visual dan digital dapat menonjolkan kenampakan kawasan lahan terbangun. Ekstraksi suhu permukaan diperoleh dengan algoritma *Land Surface Temperature* (LST). Fenomena UHI didapat dari hasil pengolahan LST yang diklasifikasikan dengan ambang batas. Perubahan densifikasi bangunan dikorelasikan dengan daerah terdampak UHI untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan densifikasi bangunan terhadap daerah terdampak fenomena UHI. Hasil penelitian menunjukkan pada tahun 2014 dan 2019 peningkatan densifikasi bangunan sebesar 279,983 Ha dan peningkatan suhu permukaan sebesar 4,4°C dari selisih nilai rerata suhu permukaan. Pengaruh kepadatan bangunan terhadap daerah terdampak fenomena UHI memiliki nilai korelasi sebesar 0,6735 yang menunjukkan tingkat hubungan kuat atau dapat dikatakan kepadatan bangunan mempengaruhi nilai UHI di Kota Pekalongan.

Kata Kunci : Densifikasi Bangunan, Interpretasi hibrida, Lahan Terbangun, LST, UHI

ABSTRACT

Pekalongan City is one of the cities that increase in population of 12,860 people from 2014 to 2019. The increase in population in Pekalongan City has an impact on the development of residential areas so that there is an expansion of built land which is marked by land use conversion. Land use conversion causes development of building densification as a form of horizontal physical development in an area. The developed land that continues to grow but is not accompanied by an increase in the amount of CO₂-absorbing vegetation causes the temperature conditions in the Pekalongan City area to increase and feel increasingly hot. This research was conducted to find out how many the change in the level of building densification and surface temperature in the city of Pekalongan, causing the phenomenon of Urban Heat Island (UHI). Remote sensing methods using Landsat imagery can identify the magnitude of changes in building densification that occur in an area by using hybrid interpretation. Hybrid interpretation by combining visual and digital interpretations can accentuate the appearance of the flight area. Surface temperature extraction is obtained by the Land Surface Temperature (LST) algorithm. UHI phenomenon is obtained from the processing of LST thresholding classification. Changes in building densification are correlated with areas affected by UHI to find out how much influence the changes in building densification on areas affected by UHI phenomena. The results showed an increase in building densification by 279,983 Ha and an increase in surface temperature by 4.4°C from the difference in mean surface temperature in 2014 and 2019. The effect of building density on the area affected by the UHI phenomenon has a correlation value of 0.6735 which indicates the level of strong relationship or it can be said that building density affects the value of UHI in Pekalongan City.

Keywords: Building Densification, Built-Up Area, Hybrid Interpretation, LST, UHI

*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kota Pekalongan merupakan salah satu kota yang berada pada jalur regional utara Pulau Jawa antar Jakarta-Semarang-Surabaya. Kota Pekalongan juga merupakan kota dalam perwilayahan pembangunan dan perkembangan di Jawa Tengah. Awal mula perkembangan Kota Pekalongan ditandai dengan adanya pemukiman disekitar pusat kota atau yang sekarang disebut dengan 'Kota Lama'. Arah perkembangan kota dilanjutkan ke daerah Barat dan Timur mengikuti jalur jalan arteri primer dan yang terakhir pada bagian selatan menuju ke daerah Kabupaten Pekalongan. Pembangunan dan perkembangan kota merupakan pemicu semakin pesatnya kepadatan di Kota Pekalongan. Kepadatan tersebut dibuktikan dengan meningkatnya populasi di Kota Pekalongan. Populasi di Kota Pekalongan menurut Disdukcapil pada tahun 2014 adalah sebesar 298.595 jiwa dan pada tahun 2019 terjadi peningkatan sebanyak 12.860 jiwa menjadi 311.455 jiwa.

Peningkatan populasi di Kota Pekalongan disebabkan oleh perkembangan wilayah pemukiman karena terjadi ekspansi lahan terbangun secara terus-menerus. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kondisi ketersediaan lahan berkurang dan bertambahnya jumlah penduduk sehingga terjadi perubahan penggunaan lahan. Terjadinya konversi penutup/ penggunaan lahan dapat berdampak terhadap pertumbuhan kepadatan bangunan yang ditandai salah satunya adanya proses ekspansi lahan terbangun (Suharyadi, 2011).

Kepadatan bangunan dalam suatu daerah dapat bersifat vertikal atau horizontal. Kepadatan bangunan merupakan wujud adanya perkembangan fisik suatu daerah (Puspitasari, 2016). Penelitian ini membahas kepadatan bangunan secara horizontal atau densifikasi bangunan. Densifikasi bangunan di Kota Pekalongan terus bertambah diiringi dengan pertambahan jumlah penduduk akan mempengaruhi luasan lahan yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan sehari-hari. Lahan yang sebelumnya lahan kosong atau sawah/vegetasi menjadi daerah terbangun. Oleh karena itu, perlu adanya pemantauan untuk mengetahui tingkat kepadatan suatu kota.

Daerah terbangun yang terus menerus berkembang namun tidak diiringi dengan peningkatan jumlah vegetasi penyerap CO₂ mengakibatkan kondisi suhu di wilayah Kota Pekalongan meningkat dan terasa semakin panas. Peningkatan suhu di Kota Pekalongan menyebabkan adanya perbedaan suhu pada wilayah urban dan sub urban. Penelitian ini membahas tentang perubahan kepadatan bangunan dan perubahan suhu yang terjadi untuk mengetahui sejauh mana perubahan tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan densifikasi bangunan dan perubahan suhu yang terjadi di Kota Pekalongan. Perubahan densifikasi bangunan dan perubahan suhu diamati dari tahun 2014 dan 2019. Hal tersebut dilakukan agar mengetahui perubahan yang dirasa cukup signifikan yang terjadi seiring dengan

perkembangan kota tiap 5 tahunnya. Perlu diketahui pengaruh dari densifikasi bangunan yang terjadi terhadap fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Pekalongan.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kepadatan bangunan dan suhu di Kota Pekalongan pada tahun 2014 dan 2019?
2. Bagaimana fenomena *Urban Heat Island* (UHI) yang terjadi di Kota Pekalongan dan sekitarnya?
3. Bagaimana pengaruh perubahan *densifikasi bangunan* terhadap perubahan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Pekalongan?

I.3 Tujuan Penelitian

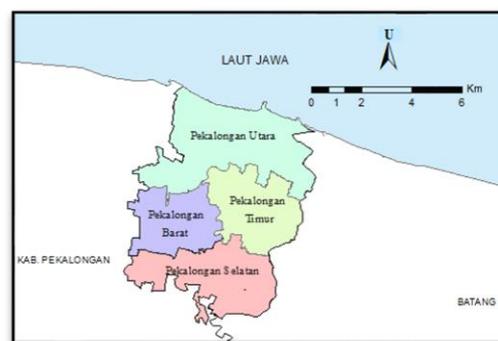
Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan mengkaji kepadatan bangunan dan suhu di Kota Pekalongan tahun 2014 dan 2019.
2. Mengetahui fenomena *Urban Heat Island* (UHI) yang terjadi di Kota Pekalongan dan sekitarnya.
3. Mengetahui dan menganalisis pengaruh perubahan densifikasi bangunan terhadap perubahan fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Pekalongan.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian yang dilakukan yaitu di Kota Pekalongan. Secara geografis Pekalongan terletak pada 6°50'42"-6°55'44" LS dan 109°37'55"-109°42'19" BT dengan luas wilayah sebesar 45,25 km² dan berbatasan dengan Batang, Kabupaten Pekalongan dan Laut Jawa seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data suhu permukaan hasil survei, data sampel luas blok bangunan hasil survei, peta batas administrasi Kota Pekalongan dan data citra yaitu Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2014, Landsat 8 tahun 2019 dan Citra Quickbird Tahun 2015.
3. Metode identifikasi kepadatan bangunan dengan interpretasi hibrida yaitu penggabungan antara interpretasi visual dan digital.

4. Interpretasi digital menggunakan algoritma *Urban Index (UI)* dan interpretasi visual dengan *digitasi on screen*.
5. Metode analisis suhu permukaan dengan algoritma *Land Surface Temperature (LST)*.
6. Analisis dilakukan berdasarkan pengaruh perubahan densifikasi bangunan yang terjadi terhadap perubahan daerah terdampak UHI.

I.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini meliputi 4 tahapan yaitu, tahapan pertama meliputi tahap persiapan (studi literatur, pemilihan metode pengolahan, dan mempersiapkan alat dan bahan). Tahap dua meliputi tahap pra pengolahan dengan pengecekan tentang kesesuaian dan kebenaran data, kemudian dilakukan beberapa koreksi seperti koreksi radiometrik dan koreksi geometrik pada data citra Landsat 8 sebelum data tersebut digunakan dalam pengolahan.

Tahapan ketiga yaitu tahap pengolahan meliputi pengolahan klasifikasi kepadatan bangunan menggunakan interpretasi hibrida, pengolahan suhu permukaan dengan menggunakan algoritma *Land Surface Temperature (LST)*, pembuatan peta persebaran fenomena UHI di Kota Pekalongan, dan penggabungan data dan uji korelasi data hasil pengolahan. Tahapan ke empat yaitu tahap analisis dengan dilakukan analisis untuk mengetahui suhu permukaan yang terjadi pada hasil olahan dan survei di lapangan secara *real time*, untuk mengetahui persebaran fenomena UHI yang terjadi serta untuk mengetahui hubungan kepadatan bangunan terhadap fenomena UHI yang terjadi di Kota Pekalongan.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Densifikasi Bangunan

Kepadatan bangunan dapat diketahui dari perbandingan jumlah objek dengan luas daerah yang ada. Kepadatan bangunan yang terjadi dikarenakan adanya perkembangan bangunan yang intensif namun dengan keterbatasan lahan yang tersedia.

Proses perkembangan kepadatan bangunan secara horizontal memiliki dua tipe yakni perkembangan sentrifugal dan sentripetal (Puspitasari, 2016). Tipe yang pertama adalah sentrifugal yaitu perkembangan dari kepadatan bangunan yang mengarah keluar pusat kota ke daerah pinggiran perkotaan. Tipe yang kedua adalah perkembangan sentripetal dimana bangunan kota berkembang di dalam kota dengan memfungsikan lahan kosong yang ada.

II.1.1 Satuan Pemetaan Blok Bangunan

Satuan pemetaan blok bangunan merupakan penutup lahan berupa blok bangunan namun terdapat batas oleh perbedaan karakteristik spektral pada suatu citra, dan atau dibatasi oleh kenampakan alamiah yang ada seperti sungai, jalan, dan selokan (Suharyadi, 2011). Penentuan satuan pemetaan blok bangunan cukup sulit, karena karakteristik spektral antar objek (lahan terbangun dan lahan kosong) yang berbeda-beda. Perlu adanya bantuan transformasi khusus untuk

mengklasifikasi penggunaan lahan. Menurut Suharyadi (2011), klasifikasi penggunaan lahan terdapat dua (2) macam, yaitu penggunaan lahan bangunan dan non bangunan. Penggunaan lahan bangunan terdiri dari pemukiman, lahan jasa, gedung olahraga, industri, perkantoran, pendidikan, kesehatan dan lain-lain. Penggunaan lahan non bangunan terdiri dari lapangan olahraga, sawah, tegalan, taman kota, kebun, jalan raya dan lahan kosong.

II.1.2 Building Coverage Ratio (BCR)

Salah satu metode dalam penentuan wilayah terbangun dan tidak terbangun adalah dengan menggunakan *Building Coverage Ratio (BCR)* sehingga nilai densifikasi bangunannya diketahui (Hendrojogi, 2008). Proses perhitungan BCR dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$BCR = \frac{x}{n} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

BCR = Kepadatan bangunan

x = jumlah luas tutupan atap satuan pemetaan

n = luas satuan pemetaan (blok bangunan)

Kepadatan bangunan yang diperoleh dengan metode BCR dilakukan pengkelasan agar lebih mudah dalam menganalisis. Beberapa kelas kepadatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Kepadatan Bangunan BCR (Nugraha, 2014)

No	Kelas Kepadatan	Nilai Kepadatan	Keterangan
1	I	>70%	Padat
2	II	50-70%	Sedang
3	III	10-50%	Jarang
4	IV	<10%	Bukan Bangunan

II.2 Interpretasi Citra Digital

Proses interpretasi citra digital adalah upaya untuk mengenali objek yang terekam pada citra digital dan mengubahnya ke bentuk data spasial (Suharyadi, 2012).

II.2.1 Interpretasi Digital

Interpretasi digital merupakan analisis kuantitatif tentang informasi spektral yang disajikan pada citra penginderaan jauh berdasarkan pengenalan pola spektralnya (Nugraha, 2013). Menurut Purwadhi, pengenalan pola spektral yang direpresentasikan dengan nilai piksel citra penginderaan jauh digital bertujuan untuk mengkategorikan secara otomatis piksel yang memiliki informasi spektral yang sama dengan mengikuti pengenalan pola spektral, pengenalan pola spasial dan pengenalan pola temporal yang akhirnya membentuk kelas atau tema keruangan tertentu.

II.2.2 Interpretasi Visual

Interpretasi visual atau manual adalah penyadapan data spasial dari citra digital yang

mendasarkan pada pengenalan karakteristik objek secara keruangan pada citra digital. Karakteristik objek dapat dikenali berdasarkan sembilan unsur interpretasi seperti bentuk, warna/rona, ukuran, pola, bayangan, tekstur, situs, asosiasi, dan resolusi (Suharyadi, 2012). Susunan hierarki unsur interpretasi citra dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Susunan Hirarki Unsur Interpretasi Citra (Sutanto, 1986)

II.2.3 Interpretasi Hibrida

Interpretasi hibrida merupakan teknik interpretasi yang mengkombinasikan keunggulan interpretasi visual dan digital yaitu delineasi kelompok piksel dilakukan dengan interpretasi visual dan identifikasi objek dilakukan dengan mengkaji pola spektral saluran tunggal ataupun kombinasi beberapa saluran (Indriastuti, 2017). Tujuan interpretasi hibrida adalah mengoptimalkan kelebihan interpretasi visual dan digital serta meminimalkan kekurangannya. Interpretasi hibrida diharapkan dapat mengurangi ketidakkonsistenan dalam pengenalan objek yang ada pada interpretasi visual dan mengganti pengenalan individu piksel pada interpretasi digital dengan delineasi kelompok piksel (Suharyadi, 2012).

II.3 Kalibrasi Radiometrik

Menurut Danoendoro (2012), penggunaan kalibrasi radiometrik didasarkan dari dua alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus untuk memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya.

II.4 Uji Planimetrik

Penelitian ini diperlukan pengecekan kualitas pada citra untuk mengetahui layak atau tidak citra tersebut dalam penelitian ini. Pada pengujian ini dihitung jarak/lebar jalan dilapangan yang mudah teridentifikasi, kemudian diselisihkan dengan lebar jalan yang ada pada citra seperti pada persamaan 2.

Dasar yang digunakan dalam uji planimetrik yaitu Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran. Perhitungan RMS jarak dapat dilihat pada persamaan 2.

$$RMS \text{ jarak} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D - \Delta D_{rata-rata})^2}{n}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

ΔD = selisih jarak

n = jumlah sampel jarak

Pada perhitungan RMS diambil data ukuran di lapangan sebanyak 30 sampel dengan 43 sampel jarak yang tersebar di Kota Pekalongan. Setelah itu dihitung toleransi kesalahan planimetrik jarak seperti pada persamaan 3.

$$RMS \text{ jarak} \leq 0,3 \text{ mm} \times \text{skala peta} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai RMS yang telah diketahui kemudian dilakukan pengecekan ketelitian uji planimetrik apakah sudah memenuhi atau tidak.

II.5 Koreksi Geometri

Geometri citra satelit hasil perekaman belum tentu benar seutuhnya karena terdapat gangguan-gangguan yang menyebabkan distorsi pada suatu citra. Distorsi ini disebabkan karena adanya rotasi bumi, gerakan satelit, gerakan cermin pada sensor perekaman dan juga kelengkungan bumi. Perlu adanya koreksi untuk meminimalisir kesalahan geometri pada citra. dengan koordinat geografi, untuk mencocokkan posisi antar citra atau untuk mentransformasikan sistem koordinat citra dan untuk registrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke peta dengan sistem proyeksi tertentu (Purwadhi, 2001).

II.6 Urban Index (UI)

Transformasi UI digunakan untuk menentukan daerah bangunan dan non bangunan. *Band* yang digunakan dalam transformasi ini yaitu inframerah dekat (NIR) dan inframerah tengah (SWIR II karena sangat peka dengan perbedaan material bangunan dan alami contohnya vegetasi, perairan dan lahan kosong (Danoedoro, 2012). Transformasi yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 4.

$$UI = \left(\frac{B7 - B5}{B7 + B5} + 1 \right) \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

UI = indeks perkotaan (*urban index*)

B7 = saluran inframerah tengah II citra

B5 = saluran inframerah dekat

Nilai *urban index* yang didapat dilakukan pengkelasan berdasarkan Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi Kepadatan Bangunan UI (Suharyadi, 2011)

No	Kepadatan Bangunan	Kunci Interpretasi
1	Rendah	- r UI < 65
2	Sedang	- r UI 65-80
3	Tinggi	- r UI > 80

II.7 Land Surface Temperature (LST)

Land Surface Temperature (LST) dapat didefinisikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan yang digambarkan dalam satuan piksel dengan berbagai tipe permukaan. Besarnya suhu permukaan dipengaruhi oleh panjang gelombang. Panjang gelombang yang paling sensitif terhadap suhu permukaan adalah inframerah termal. Kanal termal dari

suatu satelit berfungsi untuk mencari suhu permukaan objek di permukaan (Fawzi, 2018). Penelitian ini menggunakan tahapan pengolahan suhu menurut Fawzi (2017) sebagai berikut:

1. Konversi nilai *spectral radiance* ($L\lambda$) ke *Brightness Temperature* (TB)

Persamaan dapat dilihat secara lengkap pada persamaan 5 (USGS, 2019):

$$TB = \left(\frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \right) - 273 \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- TB = TOA *Brightness Temperature* (°C)
- $L\lambda$ = *Spectral Radiance* (Watts/(m²*sr*µm))
- K1 = Konstanta kalibrasi radian spektral
- K2 = Konstanta kalibrasi suhu absolut

2. Pengolahan Indeks NDVI

Perhitungan indeks NDVI dapat dilihat pada persamaan 6.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

- NDVI = Indeks Vegetasi
- NIR = *Band NIR*
- Red = *Band Red*

3. Penentuan *Proportion of Vegetation* (Pv)

Perhitungan Pv dapat dilihat pada persamaan 7.

$$Pv = \left[\frac{([NDVI] - NDVI_s)^2}{(NDVI_v - NDVI_s)^2} \right] \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

- Pv = *Proportion Of Vegetation*
- NDVI = Hasil oalahan NDVI
- NDVI_s = Nilai NDVI tanah kosong (*bare soil*) (NDVI min)
- NDVI_v = Nilai NDVI fraksi vegetasi 100% (NDVI maks)

4. Penentuan nilai Emisivitas

Nilai emisivitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8.

$$\epsilon = \epsilon_v P_v + \epsilon_g (1 - P_v) + 4 \langle d\epsilon \rangle P_v (1 - P_v) \dots \dots \dots (8)$$

$$\epsilon = 0,985 P_v + 0,960 (1 - P_v) + 0,06 P_v (1 - P_v) \dots \dots \dots (9)$$

keterangan:

- ε = Emisivitas
- PV = *Proportion Of Vegetation*
- 0,985 = Emisivitas Vegetasi
- 0,960 = Emisivitas Tanah
- 0,06 = 4xδε (nilai rerata)

5. Konversi *Brightness Temperature* (TB) ke *Surface Temperature* (TS)

Persamaan yang digunakan merupakan persamaan yang ditentukan pertama kali oleh Artis dan Canahan (1982) serta Weng (2001) (Effendy, S., 2007) seperti pada persamaan 10:

$$TS = \frac{TB}{1 + \left(\frac{\lambda * TB}{\partial} * \ln \epsilon \right)} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

- TS = Suhu Permukaan (°C)

λ = Panjang gelombang dari radiasi yang dipancarkan (nilai tengah dari *band* termal ; *band* 6 (Landsat 5) = 11,45 µm ; *band* 10 (Landsat 8) = 10,8 µm)

∂ = hc/σ (besarnya = 1,438 x 10⁻² mK)

h = Konstanta Planck's (6,26x10⁻³⁴ J sec)

c = Kecepatan cahaya (2,998 x 10⁸ m.sec⁻¹)

σ = Konstanta Stefan-Boltzman (1,38 x 10⁻²³ JK⁻¹)

ε = Emisivitas objek

TB = Suhu kecerahan (°C)

II.8 *Urban Heat Island (UHI)*

Urban Heat Island (UHI) ialah suatu fenomena atau kejadian peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan dengan daerah sekitarnya hingga mencapai 3-10°C. Fenomena ini terjadi karena perubahan penggunaan lahan dari vegetasi menjadi daerah beraspal, beton, lahan terbangun, dan lahan terbuka non vegetasi. (Khomarudin, 2004). UHI terbentuk jika sebagian vegetasi digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan, dan infrastruktur lain yang diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan dan pertumbuhan populasi manusia.

III. Metodologi Penelitian

III.1 *Alat dan Software*

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu:

1. Perangkat Keras (*Hardware*) :
 - a. Laptop Lenovo B40-45 AMD A8
 - b. *Smartphone* Iphone 6
 - c. Thermometer Infrared
 - d. Pita Ukur
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. ENVI 5.1
 - b. Arcgis 10.4
 - c. Google Earth Pro
 - d. Microsoft Office Word 2016
 - e. Microsoft Office Excel 2016
 - f. Google Maps

III.2 *Bahan*

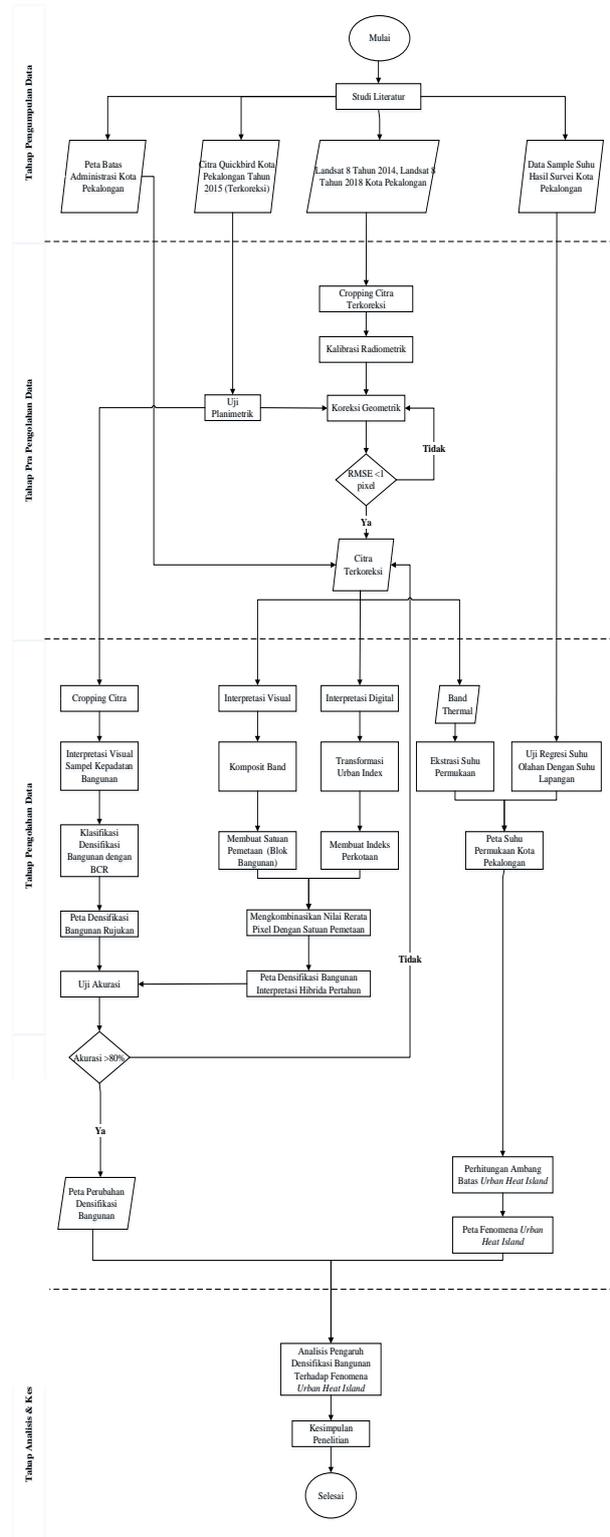
Adapun data yang perlukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Penelitian

No	Data Penelitian	Sumber
1.	Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS Bulan Juli Tahun 2014	https://earthexplorer.usgs.gov/
2.	Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS Bulan Juni Tahun 2019	https://earthexplorer.usgs.gov/
3.	Citra Quickbird Tahun 2015 Kota Pekalongan	BAPPEDA Kota Pekalongan
4.	Peta Administrasi Kota Pekalongan	BAPPEDA Kota Pekalongan
5.	Data Sebaran Sampel Suhu Pekalongan Tahun 2019	Survei Lapangan
6.	SHP Jaringan Jalan dan Perairan Kota Pekalongan	BAPPEDA Kota Pekalongan

III.3 Diagram alir

Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tahapan Penelitian

III.4 Pra Pengolahan

III.4.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus untuk

memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Kalibrasi radiometrik dilakukan dengan mengubah nilai *Digital Number* (DN) menjadi radian dan reflektan.

III.4.2 Uji Planimetrik

Uji planimetrik dilakukan pada citra Quickbird yang sudah terkoreksi dengan melihat perbandingan nilai di lapangan dan nilai pada citra seperti pada untuk mendapatkan nilai RMS jarak. Nilai RMS yang telah diketahui kemudian dilakukan pengecekan ketelitian uji planimetrik apakah sudah memenuhi atau tidak.

III.4.3 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk restorasi citra agar sesuai dengan koordinat geografi dengan menggunakan citra Quickbird yang telah dilakukan pengujian.

III.5 Pengolahan Data

III.5.1 Interpretasi Visual Satuan Pemetaan Landsat

IDigitasi satuan pemetaan dengan memperhatikan konsep interpretasi citra terdapat 9 unsur, namun tidak semua unsur digunakan unsur utama yang digunakan adalah yang paling menonjol seperti rona/warna. Komposit *band* yang digunakan pada Landsat 8 yaitu 5,4,3 sebagai komposit utama dan 7,6,4 sebagai komposit bantuan.

III.5.2 Tranformasi *Urban Index*

Pengolahan transformasi *Urban Index* dilakukan dengan menggunakan persamaan 2 dan saluran yang digunakan yaitu saluran NIR (*Near infrared*) dan SWIR II (*Short wave infrared II*).

III.5.3 Interpretasi Hibrida

Interpretasi hibrida dilakukan dengan menggabungkan nilai rerata setiap piksel dari indeks perkotaan pada blok bangunan. Interpretasi ini dilakukan dengan mengelaskan hasil indeks perkotaan tiap tahun dengan menggunakan *tool band threshold to ROI* pada ENVI 5.1

III.5.4 Uji Validasi Kepadatan Bangunan

Citra Quickbird 2015 yang digunakan dalam pengolahan ini memiliki resolusi yang lebih baik dari pada citra Landsat 8 pada tahun 2014, sehingga dalam penginterpretasian objek secara spasial lebih baik dan digunakan sebagai peta rujukan untuk validasi kepadatan. Penentuan nilai kepadatan bangunan untuk menguji tingkat akurasi dilakukan dengan metode BCR seperti pada persamaan 1, dimana luas objek bangunan dalam suatu blok dibagi dengan luas blok bangunan. Klasifikasi kepadatan bangunan dapat dilihat pada Tabel 1. Klasifikasi kelas kepadatan bangunan kemudian di uji akurasi dengan menggunakan matriks konfusi antara hasil klasifikasi kepadatan interpretasi hibrida dengan klasifikasi kepadatan BCR sebagai peta rujukan.

III.5.5 Pengolahan Suhu Permukaan

Tahapan pengolahan suhu permukaan berdasarkan pada penelitian Fawzi (2017), tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penentuan nilai *Brightness Temperature*

2. Pengolahan Indeks NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)
3. Penentuan nilai *Proportion of Vegetation* (PV)
4. Penentuan nilai *Emisivitas* (e)
5. Pengolahan Suhu Permukaan (*Land Surface Temperature*)

III.5.6 Pengambilan Titik Sampel Suhu di Lapangan

Pengambilan sampel suhu dilakukan dengan mempertimbangkan tutupan lahan, sampel pada tiap kelas dan pemerataan sampel pada tiap kecamatan. Pengambilan sampel dilakukan 2 hari yaitu pada tanggal 25 Juni 2019 dan 26 Juni 2019.

III.5.7 Analisis Regresi

Analisis regresi linier sederhana yang dilakukan untuk mengetahui hubungan suhu permukaan di lapangan dengan suhu permukaan olahan dengan *software* Ms. Excel.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Uji Planimetrik

Pengecekan kualitas citra Quickbird dilakukan dengan uji planimetrik untuk memastikan ketepatan posisi pada citra dilapangan karena pada saat mendapatkan data, citra tersebut sudah terkoreksi. Pengecekan dilakukan dengan melakukan *perbandingan* antara data yang ada pada citra dengan data yang ada pada lapangan sebanyak 30 sampel dengan 43 sampel jarak tersebar di Kota Pekalongan. Sampel yang diuji berupa lebar jalan, jembatan dan lapangan. RMS jarak yang didapat sebesar 0,4797 meter. Kesalahan planimetrik jarak pada penelitian ini merujuk pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran. RMS jarak yang didapatkan memenuhi kriteria pada kesalahan planimetrik jarak, yaitu dibawah 15 meter dengan skala 1:50.000.

IV.2 Kalibrasi Radiometrik

Citra hasil dari proses kalibrasi radiometrik tampak lebih cerah rona dan warnanya serta lebih jelas. Perbedaan citra sesudah dan sebelum kalibrasi juga dilihat dari statistik citra yang nilai DN-nya berubah.

IV.3 Koreksi Geometrik

Pada penelitian ini koreksi geometri dilakukan dari Citra Landsat 8 pada Citra Quickbird. Peletakan titik GCP sejumlah 12 titik tersebar di tiap kecamatan pada Kota Pekalongan. Nilai RMSE citra Landsat tahun 2014 sebesar 0,370144 piksel, sedangkan pada citra Landsat tahun 2019 sebesar 0,317696 piksel. Rata-rata nilai RMSE yang didapat kurang dari 1 piksel yang telah memenuhi syarat untuk melakukan koreksi geometri.

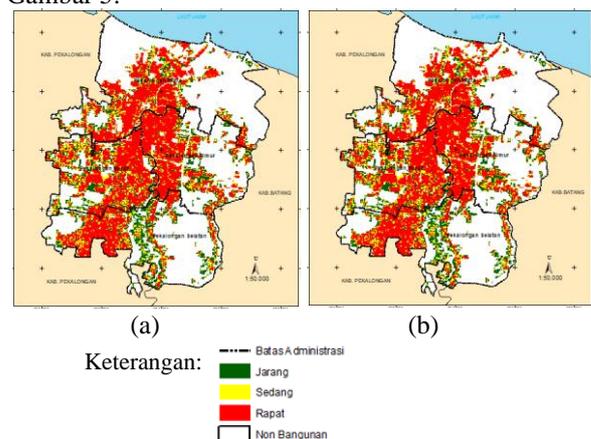
IV.4 Transformasi Urban Index

Transformasi *urban index* pada tahun 2014 index memiliki rentang nilai antara 11,737 sampai 131,221, sedangkan pada tahun 2019 memiliki rentang nilai antara 8,346 sampai 133,804 Hasil transformasi yang dilakukan mengidentifikasi tingkat kepadatan

bangunan pada tiap tahunnya. Pada pengolahan *urban index* terlihat rona cerah pada bagian tengah utara hingga selatan yang teridentifikasi sebagai bangunan padat yang berada di area Kota Pekalongan sebagai pusat kegiatan wilayah.

IV.5 Interpretasi Hibrida

Konsep interpretasi hibrida yaitu menggabungkan hasil pengolahan digital dari transformasi *urban index* yang diklasifikasikan menjadi 4 kelas terbagi menjadi beberapa warna yaitu warna putih sebagai non bangunan, hijau bangunan jarang, kuning sedang dan merah rapat dengan pengolahan visual berupa pembuatan blok bangunan. Kelas kepadatan rapat mendominasi pada daerah pusat Kota Pekalongan sebagai Pusat Kegiatan Wilayah (PKW). Kelas kepadatan sedang tersebar pada tiap sudut /pinggiran Kota Pekalongan, sedangkan kelas kepadatan jarang mendominasi pada daerah selatan atau daerah pinggir kota karena masih banyaknya bangunan yang dikelilingi oleh vegetasi dan jarak antar bangunan yang lebih jauh dari kelas kepadatan sedang ataupun tinggi. Kepadatan bangunan Kota Pekalongan hasil interpretasi hibrida dapat dilihat pada Gambar 4 serta perubahan kepadatan bangunan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4 (a) Interpretasi Hibrida Tahun 2014 dan (b)2019



Gambar 5 Grafik perubahan kepadatan bangunan IV.6 Uji Validasi Kepadatan Bangunan

Hasil dari perhitungan sampel dengan menggunakan BCR *dibandingkan* dengan hasil

pengolahan interpretasi hibrida untuk melihat kesesuaian dan keakuratan antara interpretasi hibrida tiap tahunnya dengan peta rujukan. Keakuratan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.

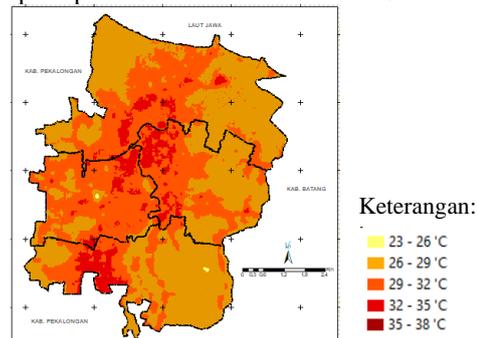
Tabel 4 Uji akurasi kepadatan peta rujukan dan interpretasi hibrida

Kelas	Jarang	Sedang	Rapat	Total
Jarang	8	3	0	11
Sedang	0	8	2	10
Rapat	0	0	9	9
Total	8	11	11	30
<i>Overall Accuracy</i>				83,33%
<i>Kappa Accuracy</i>				75,12%

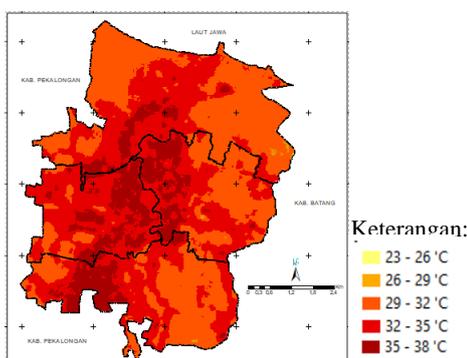
Tabel 4 didapatkan *overall accuracy* sebesar 83,33% dan untuk *kappa accuracy* sebesar 75,12% (0,7512). Perhitungan *overall accuracy* dikatakan baik apabila melebihi 80% (Short, 1982 dalam Nawangwulan, 2013), sedangkan untuk *kappa accuracy* termasuk dalam kelas *moderate agreement* karena memiliki nilai antara 40% sampai 80% atau (0,4 sampai 0,8) Landis dan Koch (1997) dalam Congalton dan Green (2009).

IV.7 Analisis Suhu Permukaan

Pengolahan LST menghasilkan data persebaran suhu permukaan di Kota Pekalongan pada tahun 2014 dan 2019 seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7 Persebaran suhu permukaan tahun 2014



Gambar 8 Persebaran suhu permukaan tahun 2019



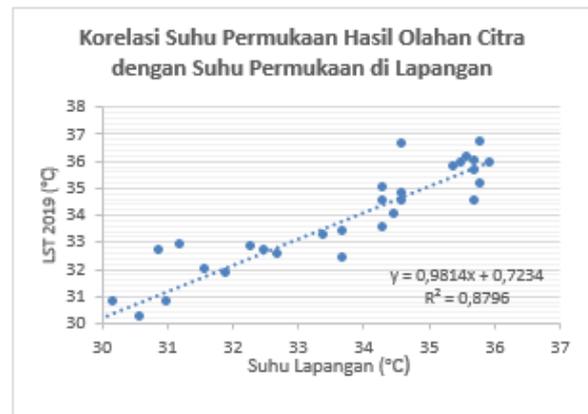
Gambar 9 Luas persebaran suhu permukaan Kota Pekalongan

Gambar 9 menunjukkan bahwa suhu permukaan dengan rentang 23°C-26°C hanya terdapat pada pengolahan tahun 2014. Rentang suhu 26°C-29°C didominasi oleh pengolahan suhu permukaan pada tahun 2014. Rentang suhu 29°C-32°C pada tahun 2014 lebih mendominasi dari pada tahun 2019. Rentang suhu 32°C-35°C pada tahun 2019 lebih mendominasi. Rentang suhu 35°C-38°C hanya terdapat pada pengolahan tahun 2019.

IV.8 Analisis Korelasi Suhu Permukaan dengan Suhu Lapangan

Penelitian ini dilakukan validasi dengan membandingkan data suhu pengolahan dengan data suhu di lapangan untuk mengetahui hasil yang didapat dari pengolahan suhu dengan hasil pengambilan sampel data suhu di lapangan. Nilai suhu yang didapatkan beragam dan didapatkan nilai RMSE sebesar 0,765.

Korelasi dari data olahan citra dan data di lapangan dapat dilihat dengan melakukan analisis regresi linear sederhana. Hasil dari analisis regresi linear didapat persamaan yang memperlihatkan seberapa besar hubungan dengan kedua variabelnya. Pada Gambar 10 dapat dilihat hasil regresi linear dari kedua variabel.



Gambar 10 Hasil regresi linear

Hasil analisis regresi linier didapatkan persamaan $y = 0,9814x + 0,7234$. Persamaan yang didapatkan menunjukkan hubungan yang positif/berbanding lurus antara suhu olahan dengan suhu di lapangan. Hubungan yang positif ditandai dengan adanya lambang positif (+) yang berada sebelum koefisien regresi. Persamaan tersebut didapat juga nilai koefisien determinasi sebesar 0,8796 dimana menunjukkan bahwa terdapat pengaruh

sebesar 87,96% dari hasil di lapangan terhadap suhu olahan, sehingga apabila di lapangan suhu permukaan meningkat maka suhu olahan dari citra juga meningkat.

IV.9 Analisis Persebaran Fenomena UHI

Persebaran fenomena UHI di Kota Pekalongan diperoleh berdasarkan nilai ambang batas dari pengolahan LST setiap tahunnya. Nilai ambang batas didapatkan dari perhitungan rata-rata suhu di wilayah sub-urban kemudian ditetapkan nilai minimal dari suhu tersebut. Nilai ambang batas pada pengolahan suhu tiap tahun dapat dilihat pada Tabel 5.

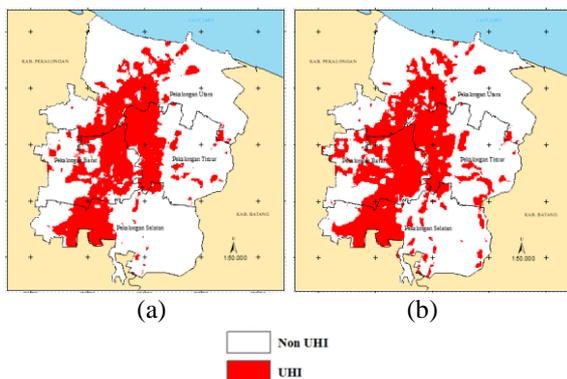
Tabel 5 Nilai ambang batas UHI

Tahun	Ambang Batas (°C)
2014	27,477
2019	30,846

Nilai ambang batas pada Tabel 5 kemudian dilakukan klasifikasi. Suhu permukaan yang memiliki nilai lebih rendah dari ambang batas UHI disebut Non UHI. Suhu yang lebih tinggi dari ambang batas UHI disebut UHI/daerah terdampak UHI. Persebaran fenomena UHI dilihat pada Gambar 10 dan Tabel 6.

Tabel 6 Luas Persebaran UHI Kota Pekalongan

Kriteria UHI	2014		2019	
	Ha	%	Ha	%
Non UHI	3.292,038	71,33386	3.126,835	67,754147
UHI	1.322,934	28,66614	1.488,137	32,245853



Gambar 11 Persebaran daerah terdampak fenomena UHI di Kota Pekalongan tahun (a) 2014 dan (b) 2019

Gambar 11 dapat dilihat bahwa persebaran fenomena UHI di Kota Pekalongan pada tahun 2014 lebih kecil terdampak *dibanding* pada tahun 2019. Pada tahun 2014 daerah terdampak UHI seluas 1.322,934 Ha atau sebesar 28,66% dari luas Kota Pekalongan. Pada Gambar IV-18, tahun 2019 daerah terdampak UHI seluas 1.488,137 Ha atau sebesar 32,245% dari luas Kota Pekalongan. Distribusi persebaran fenomena UHI pada setiap kecamatan di Kota Pekalongan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Distribusi fenomena UHI pada setiap kecamatan di Kota Pekalongan

No	Kecamatan	2014		2019	
		Ha	%	Ha	%
1.	Pekalongan Utara	402,155	30,029	346,335	23,273
2.	Pekalongan Timur	325,719	24,322	354,249	23,804
3.	Pekalongan Selatan	242,709	18,123	319,105	21,443
4.	Pekalongan Barat	368,597	27,524	468,446	31,478

IV.10 Analisis Korelasi Kepadatan Bangunan dengan Daerah Terdampak UHI

Kepadatan Bangunan yang meningkat dari tahun 2014 ke 2019 dikorelasikan dengan perubahan luas terdampak UHI. Pada korelasi tersebut dilihat hubungan antara kedua variabel. Hubungan kedua variabel dilihat dengan menggunakan *software* ENVI dengan *tool compute statistic* dan didapatkan angka korelasi seperti pada Tabel 8.

Tabel 8 Korelasi kepadatan bangunan dengan daerah terdampak UHI

Keterangan	Terjadi UHI		Korelasi
	UHI 2014	UHI 2019	
Perubahan Kepadatan Bangunan dengan UHI	Terdapat	Tidak terdapat	0,448951
	Tidak terdapat	Terdapat	0,737774
	Terdapat	Terdapat	0,673521

Pada Tabel 8 didapatkan koefisien korelasi dari perubahan kepadatan bangunan dengan perubahan daerah terdampak UHI. Perubahan kepadatan bangunan dengan UHI pada tahun 2014 yang kemudian tidak terdapat pada tahun 2019 memiliki nilai korelasi 0,4489 yang menandakan tingkat hubungan sedang atau memiliki pengaruh tetapi tidak secara signifikan. Perubahan kepadatan bangunan dengan UHI ditahun 2019 yang pada awalnya tidak terdapat UHI ditahun 2014 memiliki nilai korelasi 0,7377 yang berarti memiliki tingkat hubungan kuat atau memiliki pengaruh tinggi. Korelasi kepadatan bangunan dengan UHI yang pada tahun 2014 dan 2019 terdampak UHI memiliki tingkat hubungan yang kuat yakni dengan nilai korelasi 0,6735. Berdasarkan ketiga analisis korelasi diatas dapat disimpulkan bahwa kepadatan bangunan mempengaruhi nilai UHI di wilayah Kota Pekalongan.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

1. Kepadatan bangunan di Kota Pekalongan pada tahun 2014 memiliki luas kepadatan bangunan sebesar 2.341,053 Ha dan pada tahun 2019 bertambah menjadi 2.621,036 Ha. Perubahan kepadatan bangunan yang mendominasi yaitu kelas kepadatan bangunan jarang menjadi padat dan sedang menjadi padat. Suhu permukaan di Kota Pekalongan pada tahun 2014 memiliki

suhu rata-rata sebesar 29,238 °C dan tahun 2019 sebesar 32,695°C.

2. Fenomena UHI terjadi pada tahun 2014 dan 2019 di Kota Pekalongan. Wilayah yang terdampak fenomena UHI pada tahun 2014 sebesar 1.322,934 Ha. Pada tahun 2019 wilayah yang terdampak UHI sebesar 1.488,137 Ha. Daerah yang mendominasi terkena dampak UHI yaitu Kecamatan Pekalongan Barat bagian timur, Kecamatan Pekalongan Utara bagian selatan, Kecamatan Pekalongan Timur bagian barat dan Kecamatan Pekalongan Selatan bagian utara sehingga perlu diadakan upaya untuk meminimalisir terjadinya UHI yang akan berdampak pada lingkungan.
3. Pengaruh kepadatan bangunan terhadap daerah terdampak fenomena UHI memiliki nilai korelasi sebesar 0,6735 yang menunjukkan tingkat hubungan kuat atau dapat dikatakan kepadatan bangunan mempengaruhi nilai UHI di Kota Pekalongan. Nilai korelasi 0,3265 berpengaruh pada fenomena lain, seperti iklim, kendaraan bermotor dan lainnya.

V.2 Saran

1. Penggunaan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi daripada Landsat agar menambah ketelitian dalam penelitian ini.
2. Perlu dilakukan penelitian menggunakan indeks lahan terbangun lainnya seperti NDBI, EBBI, IBI dan lain-lain.
3. Pengambilan sampel suhu permukaan menggunakan alat ukur suhu yang lebih teliti (selain *infrared thermometer*), agar suhu hasil pengolahan lebih sesuai dengan suhu dilapangan.
4. Perlu pengujian hasil suhu permukaan dengan penggunaan koreksi radiometrik metode BOA (*Bottom of Atmospheric*).
5. Perlu dilakukan pengujian geometric pada Citra Quickbird menggunakan GPS RTK.

DAFTAR PUSTAKA

Congalton, Russell G. dan Kass Green. 2009. *Assesing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices Second Edition*. CRC Press: Boca Raton

Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: CV.ANDI

Effendy, S. 2007. *Keterkaitan Ruang Terbuka Hijau Dengan Urban Heat Island Wilayah JABODETABEK*. Disertasi. Departemen Geofisika dan Meteorologi IPB. Bogor

Fawzi, N.I. 2014. *Pemetaan Emisivitas Permukaan Menggunakan Indeks Vegetasi*. Jurnal. Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh UGM. Yogyakarta.

Fawzi N.I., 2017. *Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus Di Kota Yogyakarta*. Jurnal Program Konservasi Yayasan Alam Sehat Lestari : Kayong Utara

Indriastuti, Mirta., 2017. *Analisis Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Satelit Landsat di Kecamatan Ungaran Timur dan Ungaran Barat Kabupaten Semarang Tahun 2009-2018*. Skripsi. Universitas Diponegoro : Semarang

Nawangwulan, Nila Hapsari. 2013. *Analisis Pengaruh Perubahan Lahan terhadap Hasil Produksi Tanaman Pangan di Kabupaten Pati Tahun 2001-2011*. Skripsi, Semarang: Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Nugraha, Vembri Satya. 2014. *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Monitoring Kepadatan Bangunan di Daerah Perkotaan Magelang*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta

Puspitasari, Shanti. 2016. *Kajian Kepadatan Bangunan Menggunakan Interpretasi Hibrida Citra Landsat-8 OLI di Kota Semarang Tahun 2015*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta

Suharyadi. 2011. *Interpretasi Hibrida Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah untuk Kajian Kepadatan Bangunan Daerah Perkotaan di Daerah Perkotaan Yogyakarta*. Disertasi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta

Suharyadi. 2012. *Interpretasi Hibrida: Sebuah Model Alternatif untuk Ekstraksi Data Spasial dari Citra Penginderaan Jauh*. Orasi Ilmiah Dies Natalis Ke-49 Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta

Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.

U.S. Geological Survey. 2019. *Landsat – Earth Observation Satellites*

Peraturan Perundangan :

Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang