TUGAS AKHIR RM-184831

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN METODE *INDEX-BASED BUILT-UP INDEX* (IBI) TERHADAP SUHU PERMUKAAN TANAH DI KOTA SURABAYA

SABRINA NUR AFIAH
NRP 033 1 16 4000 0059

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TUGAS AKHIR RM-184831

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN METODE *INDEX-BASED BUILT-UP INDEX* (IBI) TERHADAP SUHU PERMUKAAN TANAH DI KOTA SURABAYA

SABRINA NUR AFIAH
NRP 033 1 16 4000 0059

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT RM-184831

ANALYSIS OF THE EFFECT OF CHANGES IN LAND COVER USING INDEX-BASED BUILT-UP INDEX (IBI) ON LAND SURFACE TEMPERATURE IN SURABAYA

SABRINA NUR AFIAH
NRP 033 1 16 4000 0059

Supervisor
Lalu Muhamad Jaelani, ST, M.Sc, Ph.D

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode *Index-Based Built-Up Index* (IBI) terhadap Suhu Permukaan Tanah di Kota Surabaya

Nama Mahasiswa : Sabrina Nur Afiah
NRP : 033 1 16 40000 059
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M. Sc, Ph.D

ABSTRAK

Kota Surabaya merupakan pusat perdagangan, bisnis, pendidikan, dan industri di Indonesia. Hal ini menyebabkan tingginya angka perpindahan penduduk di Kota Surabaya. Selain itu, untuk menunjang aktivitas manusia, penggunaan lahan akan bergeser dari keperluan pertanian menjadi keperluan tempat tinggal dan sebagainya. Peningkatan jumlah penduduk di Kota Surabaya menyebabkan kebutuhan akan lahan untuk permukiman juga semakin meningkat dan akan berdampak pada peningkatan suhu. Fenomena ini dikenal dengan istilah Urban Heat Island (UHI). Fenomena UHI ditandai dengan adanya suatu daerah yang memiliki suhu yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu sekitar. Pengolahan UHI membutuhkan data penginderaan jauh dengan band thermal. Band thermal tersebut digunakan untuk memperoleh estimasi suhu permukaan (Land Surface Temperature).

Penelitian ini mengkaji pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan tanah di Kota Surabaya dengan menggunakan data citra satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS. Perhitungan Suhu Permukaan tanah (LST) menggunakan metode algoritma Single Channel (SC) serta ekstraksi tutupan lahan menggunakan Index-Based Built-Up Index (IBI) dengan indeks spektral Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), dan Normalized Difference Built-Up Index (NDBI).

Nilai suhu permukaan rata-rata untuk Kota Surabaya tahun 2002 sebesar 29,08 °C, tahun 2014 sebesar 26,88 °C, dan tahun 2019 sebesar 27,10 °C. Perubahan tutupan lahan terjadi secara signifikan pada wilayah Kota Surabaya bagian barat dengan perubahan lahan terbangun dari tahun 2002 sampai dengan 2019 sebesar 13,99 km^2. Untuk menganalisis hubungan antara tutupan lahan dengan LST, uji korelasi regresi linier sederhana dilakukan. Rata-rata nilai korelasi antara LST dengan IBI di Kota Surabaya pada tahun 2002, 2014, dan 2019 adalah 0,5927. Dari nilai rata-rata tiap tutupan lahan, nilai LST menurun dari kelas lahan terbangun sampai kelas tutupan lahan air. Hal ini membuktikan bahwa semakin meningkatnya lahan terbangun berdampak pada peningkatan nilai suhu permukaan. Pengaruh gas buang dari transportasi juga bisa menyebabkan suhu di Kota Surabaya naik. Peningkatan luas industri akan menambah jumlah gas buang yang dikeluarkan oleh sektor industri. Selain itu, sektor transportasi menyumbang 5,48 juta ton per tahun emisi karbon atau sekitar 96% dari total emisi udara di Kota Surabaya. Kecuali pada tahun 2002, suhu permukaan lebih tinggi dikarenakan pada tahun 2002 terjadi fenomena El-Nino lemah, selain itu RTH pada tahun 2002 belum memenuhi peraturan UU No. 26 Tahun 2007.

Kata Kunci— Index-Based Built-Up Index, MNDWI, NDBI, NDVI, Suhu Permukaan Tanah

Analysis of the Effect of Changes in Land Cover Using Index-Based Built-Up Index (IBI) on Urban Heat Island (UHI) in Surabaya

Name	**:**	**Sabrina Nur Afiah**
ID	**:**	**033 1 16 40000 059**
Department	**:**	**Geomatics Engineering**
Supervisor	**:**	**Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M. Sc, Ph. D**

ABSTRACT

The city of Surabaya is the center of trade, business, education and industry in Indonesia. This causes a high rate of population movement in Surabaya. In addition to support human activities, land use will shift from agricultural to residential and others. The increase in the population of Surabaya city causes land requirements for settlements to increase and has an impact on increasing temperature. This phenomenon is known as the Urban Heat Island (UHI). UHI phenomenon is characterized by the existence of an area that has a much higher temperature when compared with ambient temperature. UHI processing requires remote sensing data with a thermal band. The thermal band is used to obtain an estimated surface temperature (Land Surface Temperature).

This study examined the effect of changes in land cover on land surface temperature in Surabaya by using satellite imagery data of Landsat 7 ETM + and Landsat 8 OLI / TIRS. Calculation of Land Surface Temperature (LST) using the Single Channel (SC) algorithm method and extraction of land cover using Index-Based Built-Up Index (IBI) with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) spectral index, Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), and Normalized Difference Built-Up Index (NDBI).

The average surface temperature value for Surabaya City in 2002 was 29.08 ° C, in 2014 it was 26.88 ° C, and in 2019 it was 27.10°C. Changes in land cover occur significantly in the western part

of the city of Surabaya with land changes built from 2002 to 2019 of 13.99 Km^2. To analyze the relationship between land cover and LST, a simple linear regression correlation test was performed. The average correlation value between LST and IBI in Surabaya in 2002, 2014 and 2019 was 0.5927. From the average value of each land cover, the LST value decreases from the built-up class to the water class. This proves that the increase in built up land has an impact on increasing the value of surface temperature. The effect of exhaust gas from transportation can also cause temperatures in the city of Surabaya to rise. An increase in the industrial area will increase the amount of exhaust gas emitted by the industrial sector. In addition, the transportation sector contributes 5.48 million tons of carbon emissions a year, or about 96% of the total air emissions in Surabaya City. Except in 2002, land surface temperature was higher in 2002 because there was a weak El-Nino phenomenon, besides that green space in 2002 did not be fulfilled by UU no.26 of 2007.

Keywords— Index-Based Built-Up Index, Land Surface Temperature, MNDWI, NDBI, NDVI, Urban Heat Island

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN METODE *INDEX-BASED BUILT-UP INDEX* (IBI) TERHADAP SUHU PERMUKAAN TANAH DI KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S–1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
SABRINA NUR AFIAH
NRP. 033 1 16 40000 059

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
1. Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M. Sc., Ph. D. .....

DEPARTEMEN
TEKNIK GEOMATIKA

SURABAYA, AGUSTUS 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Metode *Index-Based Built-Up Index* (IBI) terhadap Suhu Permukaan Tanah di Kota Surabaya"** dengan tepat waktu.

Laporan ini disusun sebagai wadah untuk menuangkan hasil penelitian Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Sarjana pada Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, khususnya kepada:

1. Kepada Bapak Wirawan Nefiadi dan Ibu Wiwit Kuswita selaku kedua orang tua penulis, dan kedua saudara penulis yang selalu mendukung penulis dalam menyelesaikan kegiatan penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya serta segenap jajarannya yang telah memberikan kemudahan selama mengikuti pendidikan di Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, S.T., M. Sc., Ph. D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen dan civitas akademika Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah banyak memberikan bimbingan dan bantuan selama proses perkuliahan.

5. Mas dan Mbak senior serta Teman-Teman satu dosen pembimbing atas saran, arahan semangatnya serta bimbingannya.
6. Teman-teman angkatan 2016 yang senantiasa membantu dan mendukung penulis.
7. Teman-teman UKM Sepakbola ITS khususnya futsal putri atas bantuan dan dukungannya kepada penulis.

Penulis berharap, penelitian ini dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak serta dapat memperkaya literatur penelitian-penelitian sejenis yang akan dilakukan pada masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan ke depannya. Semoga laporan ini bisa memberikan manfaat kepada pembaca.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK v
ABSTRACT vii
LEMBAR PENGESAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penginderaan Jauh 5
2.2 *Urban Heat Island* (UHI) 6
2.3 Citra Satelit Lansat 7 dan 8 8
2.4 Koreksi Geometrik 10
2.5 Koreksi Radiometrik 11
2.6 *Index-Based Built-Up Index* (IBI) 15
2.7 *Land Surface Temperature* (LST) 18
2.8 Otsu Thresholding 21
2.9 Penelitian Terdahulu 22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 27
3.1 Lokasi Penelitian 27
3.2 Data dan Peralatan 28
3.3 Metodologi Penelitian 29
BAB IV HASIL DAN ANALISIS 39
4.1 Hasil Tutupan Lahan 39
4.2 Hasil *Land Surface Temperature* (LST) 45
4.3 Analisa Hasil 48
BAB V PENUTUP 57
5.1 Kesimpulan 57

5.2 Saran..... 57
DAFTAR PUSTAKA 59
LAMPIRAN..... 67
BIODATA PENULIS 75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh 5
Gambar 2.2 Pengaruh Atmosfer terhadap Data Citra..... 14
Gambar 2.3 *Univariate Gaussian Bimodal* 21
Gambar 3.1 Peta Administrasi Kota Surabaya 27
Gambar 3.2 Penelitian Secara Umum 29
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan IBI..... 31
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Suhu Permukaan 34
Gambar 3.5 Diagram Alir Analisis Data 37
Gambar 4.1 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tanggal 19 Mei 2002 41
Gambar 4.2 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tanggal 29 Juni 2014 42
Gambar 4.3 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tanggal 11 Juni 2019 43
Gambar 4.4 Diagram Perubahan Tutupan Lahan Kota Surabaya 44
Gambar 4.5 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tanggal 19 Mei 2002 46
Gambar 4.6 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tanggal 29 Juni 2014 46
Gambar 4.7 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tanggal 11 Juni 2019 47
Gambar 4.8 Grafik Uji Korelasi antara LST dan IBI Kota Surabaya tahun 2002 48
Gambar 4.9 Grafik Uji Korelasi antara LST dan IBI Kota Surabaya tahun 2014 49
Gambar 4.10 Grafik Uji Korelasi antara LST dan IBI Kota Surabaya Tahun 2019..... 49
Gambar 4.11 Diagram Suhu Permukaan Rata-Rata pada Kelas Tutupan Lahan 50
Gambar 4.12 Peta Tutupan Lahan dan LST Kota Surabaya Bagian Barat..... 54

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Band Spektral pada Satelit Landsat 7 ETM+ 8
Tabel 2.2 Karakteristik Band Spektral pada Satelit Landsat 8 OLI/TIRS 9
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu 22
Tabel 4.1 Ambang Batas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya 39
Tabel 4.2 Matriks Konfusi Tutupan Lahan di Kota Surabaya 40
Tabel 4.3 Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2002..... 41
Tabel 4.4 Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2014..... 42
Tabel 4.5 Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2019..... 43
Tabel 4.6 Perhitungan Uji Korelasi LST dengan Data Stasiun Cuaca 45
Tabel 4.7 Data Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2002, 2014, dan 2019 47
Tabel 4.8 Suhu Permukaan Rata-Rata pada Kelas Tutupan Lahan..... 51
Tabel 4.9 Jumlah Penduduk pada Kota Surabaya Barat 53
Tabel 4.10 Luas Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan Rata-Rata Kota Surabaya Barat..... 55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan pusat perdagangan, bisnis, pendidikan, dan industri di Indonesia. Hal ini menyebabkan tingginya angka perpindahan penduduk di Kota Surabaya. Urbanisasi dan aktivitas manusia merupakan penyumbang terbesar dalam penggunaan energi (Madlener dan Sunak, 2011). Selain itu, untuk menunjang aktivitas manusia, penggunaan lahan akan bergeser dari keperluan pertanian menjadi keperluan tempat tinggal dan sebagainya. Pada tahun 2001 hingga 2019 telah terjadi peningkatan jumlah penduduk di Kota Surabaya sebesar 279.710 jiwa dan pada tahun 2019 penduduk kota Surabaya mencapai 2.896.195 jiwa (BPS, 2019). Peningkatan jumlah penduduk di Kota Surabaya menyebabkan kebutuhan akan lahan untuk permukiman juga semakin meningkat dan akan berdampak pada peningkatan suhu. Selama tahun 2001 hingga 2019 dilaporkan rata-rata suhu di Kota Surabaya cenderung semakin meningkat dimana rata-rata suhu tahun 2001 sebesar 27,8 ^{o}C, tahun 2013 sebesar 27,9 ^{o}C dan tahun 2019 sebesar 28,07 ^{o}C (BMKG Juanda, 2019).

Penggunaan energi dan lahan akan menimbulkan peningkatan suhu dikarenakan struktur perkotaan (gedung-gedung bertingkat, material bangunan, ukuran kota, dan efek rumah kaca). Dampak dari peningkatan suhu akan menimbulkan fenomena *Urban Heat Island* (UHI), dimana meningkatkan suhu udara di daerah kepadatan penduduk tinggi (Gago *et al*, 2013). UHI adalah adanya perbedaan suhu udara antara kawasan *urban* dan *rural* (Prilandita, 2009). Fenomena UHI ditandai dengan adanya suatu daerah yang memiliki suhu yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan suhu sekitar. Umumnya suhu udara tertinggi terdapat di pusat kota atau kawasan industri dan akan menurun secara bertahap ke arah pinggiran kota. Tursilowati (2003) menyebutkan bahwa telah terjadi perluasan UHI di Kota Surabaya

selama periode 1994 hingga tahun 2002, dimana daerah dengan suhu tinggi 30-35 ^{o}C terletak pada kawasan terbangun dengan jenis penggunaan lahan permukiman dan industri per tahun sebesar 1512 Ha atau 4,8%. Pengolahan UHI membutuhkan data penginderaan jauh dengan *band thermal*. *Band thermal* tersebut digunakan untuk memperoleh estimasi suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature*).

Data penginderaan jauh mempunyai peranan yang sangat penting untuk ekstraksi lahan terbangun di perkotaan. Ekstraksi data penggunaan lahan terbangun sudah dimulai dengan ekstraksi *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) oleh penelitian (Zha *et al*, 2003) dengan memberikan informasi terkait ekstraksi lahan terbangun menggunakan citra Landsat TM, walaupun masih ada kekurangan belum bisa membedakan dengan lahan terbuka perkotaan. Selain itu, ekstraksi lahan terbangun dengan indeks spektral lainnya telah banyak diterapkan seperti *Urban Index* (UI) oleh Kawamura, dkk. (1996) dan *Visible red and NIR-based Built-up Index* (VrNIR-BI) oleh Estoque dan Murayama (2015). Pada penelitian oleh Xu (2008), metode ekstraksi tutupan lahan yang digunakan adalah *Index-based Built-up Index* (IBI). Metode IBI adalah gabungan *spectral index Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Normalized Difference Built-up Inde*x (NDBI), dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI). Pada penelitian Hanqiu Xu, mengekstraksi lahan terbangun dengan menggunakan metode IBI di daerah *Fuzhou City* di *Southeastern China* mendapat akurasi 96,77% untuk keseluruhan tutupan lahan (Xu, 2008).

Semakin meningkatnya kegiatan alih fungsi lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun sebagai akibat dari tingginya laju urbanisasi di Kota Surabaya menjadi pemicu meluasnya UHI di Kota Surabaya. Oleh karena itu, penelitian ini perlu mengkaji mengenai pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan tanah Kota Surabaya. Dengan menggunakan data satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 *Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS) pada musim

kemarau dikarenakan untuk mendapat suhu permukaan tertinggi sehingga dapat digunakan sebagai parameter untuk mendeteksi *urban heat island*. Data diakuisisi pada tahun 2002, 2014, dan 2019 dikarenakan pada rentang tahun 2002 sampai 2019 telah terjadi perubahan tutupan lahan yang menyebabkan peningkatan suhu. Perubahan terjadi secara signifikan dari rentang pertengahan tahun 1990an sampai awal 2000an, yang ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah bangunan hingga meluasnya area industri. Namun sebaliknya luas area vegetasi baik area persawahan, perkebunan hingga wilayah konservasi kehutanan menunjukkan grafik penurunan yang signifikan (Dontree, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian kali ini adalah:

a. Bagaimana perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2002, 2014, dan 2019?
b. Bagaimana perubahan nilai distribusi suhu permukaan di Kota Surabaya pada tahun 2002, 2014, dan 2019?
c. Bagaimana korelasi antara tutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Surabaya?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir kali ini adalah:

a. Daerah penelitian berada di Kota Surabaya,
b. Data yang digunakan pada penelitian adalah data citra satelit Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS,
c. Data indeks spektral didapat dari perhitungan pada data Landsat 7 ETM+ Level-2 dan Landsat 8 OLI Level-2,
d. Perhitungan suhu permukaan menggunakan data citra satelit Landsat 7 ETM+ Level-1 dan Landsat 8 TIRS Level-1 kanal 10 metode *Single Channel* (SC),
e. Data citra satelit diambil pada musim kemarau pada bulan Mei dan Juni.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

a. Mengetahui dan menganalisis perubahan tutupan lahan di Kota Surabaya pada tahun 2002, 2014, dan 2019,
b. Mengetahui perubahan nilai suhu permukaan di Kota Surabaya pada tahun 2002, 2014, dan 2019,
c. Mengetahui nilai korelasi antara *Index-Based Built-Up Index* dengan suhu permukaan di Kota Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

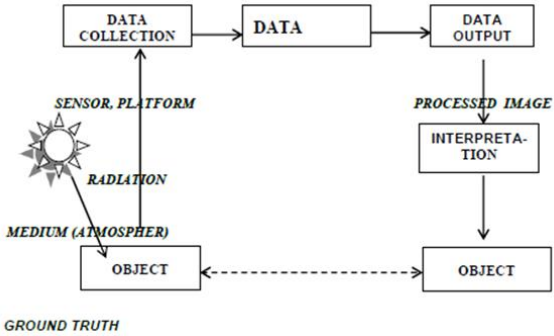
a. Memberikan informasi tentang hubungan antara adanya tutupan lahan dengan fenomena *Urban Heat Island* di Kota Surabaya.
b. Sebagai referensi bagi pemerintah dalam melakukan perencanaan pembangunan wilayah yang ramah lingkungan di Kota Surabaya.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh didefinisikan sebagai suatu pengukuran atau pemerolehan informasi dari beberapa sifat objek atau fenomena dengan menggunakan alat perekam yang secara fisik tidak terjadi kontak langsung atau bersinggungan dengan objek atau fenomena yang dikaji (Church, 1983). Penginderaan jauh memungkinkan untuk melakukan pengukuran dalam jarak yang jauh dan tidak membutuhkan waktu banyak untuk melakukan pengukuran.

Sistem penginderaan jauh dilengkapi dengan sensor dan kamera yang merekam objek di alam. Rekaman data oleh sensor dari objek dibumi berupa data numeris (digit) yang dinyatakan sebagai besarnya nilai pantul gelombang elektromagnetik (intensitas spektral), yang dipantulkan oleh objek dalam suatu ukuran tertentu (resolusi spasial).



Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh (Masberry dan Sukojo, 2004)

Penginderaan jauh memiliki beberapa macam jenis yaitu LIDAR, fotogrametri, dan citra satelit. Data penginderaan jauh digital (citra digital) direkam dengan menggunakan sensor *non*-kamera, antara lain scanner, radiometer, spectrometer. Citra digital dibentuk dari elemen-elemen gambar atau *pixel* (*picture element*)

yang menyatakan tingkat keabuan pada gambar (Hardiyanti, 2001). Sedangkan pengertian citra adalah gambaran objek yang dibuahkan oleh pantulan atau pembiasan sinar yang difokuskan oleh sebuah lensa atau sebuah cermin (Sutanto, 1994).

Satelit penginderaan jauh dilihat dari sumber energinya dibagi menjadi dua macam yaitu aktif dan pasif. Tenaga dalam penginderaan jauh pasif terdiri dari sistem yang menggunakan sinar matahari (tenaga alami), sedangkan penginderaan jauh aktif terdiri dari sistem yang menggunakan tenaga buatan seperti gelombang mikro (Konecny, 2003).

2.2 ***Urban Heat Island* (UHI)**

UHI adalah adanya perbedaan suhu udara antara kawasan *urban* dan *rural* (Prilandita, 2009). UHI mempengaruhi penduduk perkotaan dalam berbagai aspek, berakibat pada kesehatan dan kenyamanan, biaya penggunaan energi, kualitas udara, jarak pandang, ketersediaan dan kualitas air bersih, *ecological services*, rekreasi dan seluruh kualitas hidup manusia. UHI dibagi menjadi dua jenis yaitu *Surface Urban Heat Island* (SUHI) dan *Atmospheric Urban Heat Island* (AUHI). AUHI yaitu perubahan dan perbedaan suhu yang terjadi di lapisan udara di pusat kota dengan daerah di sekitarnya. Sedangkan SUHI yaitu perubahan dan perbedaan suhu yang dihasilkan dari proses penguapan material permukaan di pusat kota dan daerah disekitarnya (Atrianta *et al*, 2017).

Fenomena UHI dapat bervariasi di berbagai tempat tergantung dari berbagai faktor-faktor yang dapat dikontrol maupun tidak dapat dikontrol oleh manusia (Rizwan dan Dennis, 2008). Faktor yang mempengaruhi termasuk pelepasan energi antropogenik dari sistem AC, emisi energi dari kegiatan perindustrian, kendaraan bermontor dan sebagainya. Sumber panas antropogenik berasal dari pemanasan sistem ventilasi, proses industri, dan mesin pembakar internal.

Meluasnya *heat island* akan menyebabkan peningkatan ketidaknyamanan kehidupan manusia sehingga manusia membutuhkan pendingin seperti AC, kipas angin yang berdampak

pemborosan energi listrik dan polusi serta menyebabkan *Green House Effect*. Pemakaian energi listrik akan meningkatkan emisi sulfurdioksida, karbonmonoksida, nitrooksida, karbondioksida, yang dikenal sebagai gas rumah kaca yang akan berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim.

Efek atau intensitas dari UHI dapat didefinisikan dalam persamaan (2.1) berikut (Lima Alves dan Lopes, 2017; Ozdemir et al., 2012).

$$\Delta T_{\mu-r} = T_{\mu} - T_{r} \tag{2.1}$$

Dimana:

T_{μ} = Suhu permukaan di kota atau bentuk penggunaan lahan yang lebih hangat dari suhu sekitarnya (°C)

T_{r} = Suhu permukaan di sekitar wilayah yang diukur T_{μ} (°C)

$\Delta T_{\mu-r}$ = Efek dari UHI yang ditimbulkan (°C)

Ekstraksi umum UHI menggunakan persamaan (2.1). akan tetapi, dengan teknik penginderaan jauh persamaan tersebut dimodifikasi agar dapat digunakan. Berdasarkan definisi tentang UHI, peta UHI harus mempresentasikan perbedaan suhu pada wilayah yang diteliti. Dalam hal ini, UHI dapat diidentifikasi dengan persamaan (2.2) dan (2.3) yang disampaikan oleh Ma et al. (2010) sebagai berikut.

$$T > \mu + 0{,}5\,\alpha \tag{2.2}$$

$$0 < T \leq \mu + 0{,}5\,\alpha \tag{2.3}$$

Dimana:

μ = Nilai rerata

α = Standar deviasi dari suhu permukaan yang diperoleh

Persamaan (2.2) menunjukkan ambang batas suhu (*threshold temperature*) untuk area yang terjadi UHI. Sedangkan untuk area yang tidak terjadi UHI didapatkan melalui persamaan (2.3).

Citra suhu permukaan hasil analisis piksel tetangga (T_{mean}) diaplikasikan pada persamaan (2.2) dan (2.3) untuk mendapatkan peta distribusi UHI. Analisis piksel tetangga mengacu pada *local*

neighbourhood, untuk mengubah nilai piksel di tengah lingkungan berdasarkan statistik lingkungan lokal piksel (Liu dan Mason, 2009). Secara matematis dapat disajikan dalam persamaan (2.4) berikut.

$$\text{Peta UHI} = \mathrm{T}_{\mathrm{mean}} - (\mu + 0{,}5\ \alpha) \tag{2.4}$$

Dimana:

UHI = *Urban Heat Island*

T_{mean} = *Land Surface Temperature* (°C)

μ = Nilai rerata *Land Surface Temperature* (°C)

α = Nilai standar deviasi *Land Surface Temperature* (°C)

Nilai selisih suhu yang positif mengidentifikasikan bahwa daerah tersebut terjadi UHI, jika bernilai negatif maka daerah tersebut tidak terjadi fenomena UHI.

2.3 Citra Satelit Landsat 7 dan 8

Landsat merupakan satelit tertua di bumi yang diluncurkan oleh Amerika Serikat. Citra satelit Landsat 7 merupakan citra satelit bumi yang memiliki sensor ETM (*Enchanced Thematic Mapper*) dan scanner yang dapat membantu untuk pemotretan foto udara. Landsat 7 diluncurkan pada bulan April 1999. Kegunaan citra satelit Landsat 7 ini untuk pemetaan penutupan lahan, pemetaan geologi, serta pemetaan suhu permukaan. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan karakteristik band yang terdapat pada citra Landsat 7.

Tabel 2.1 Karakteristik Kanal Spektral pada Satelit Landsat 7 ETM+ (USGS, 2017)

Kanal	Nama Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial
1	Biru	0,45-0,52	30 m
2	Hijau	0,52-0,60	30 m
3	Merah	0,63-0,69	30 m
4	Inframerah Dekat	0,77-0,90	30 m
5	Inframerah Gelombang Pendek-1	1,55-1,75	30 m

6	Inframerah Termal	10,40-12,50	30 m
7	Inframerah Gelombang Pendek-2	2,09-2,35	30 m
8	Pankromatik	0,52-0,90	15 m

Landsat 8 OLI/TIRS diluncurkan pada 11 Februari 2013 dari Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California dengan roket Atlas-V. Satelit Landsat 8 mengorbit bumi dalam orbit yang hampir selaras dengan matahari pada ketinggian 705 km (438 mi), kemiringan 98,2 derajat, dan mengelilingi bumi setiap 99 menit. Satelit memiliki resolusi temporal hingga 16 hari dengan waktu melintasi garis khatulistiwa adalah 10:00 AM ± menit (PGSP, 2016).

Satelit Landsat 8 memiliki dua buah sensor yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Diantara kanal-kanal tersebut, 2 kanal berada pada TIRS (band 10 dan 11) dan 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI. Berikut merupakan tabel yang menjelaskan karakteristik kanal yang terdapat pada citra Landsat 8.

Tabel 2.2 Karakteristik Kanal Spektral pada Satelit Landsat 8 OLI/TIRS (USGS, 2016)

Kanal	Nama Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial
1	Pesisir/*Aerosol*	0,435 – 0,451	30 m
2	Biru	0,452 – 0,512	30 m
3	Hijau	0,533 – 0,590	30 m
4	Merah	0,636 – 0,673	30 m
5	Inframerah Dekat	0,845 – 0,885	30 m
6	Inframerah Gelombang Pendek-1	1,566 – 1,651	30 m
7	Inframerah Gelombang Pendek -2	2,107 – 2,294	30 m
8	Pankromatik	0,503 – 0,676	15 m

Kanal	Nama Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial
9	*Cirrus*	1,363 – 1,384	30 m
10	Inframerah Termal-1	10,60 – 11,19	100 m
11	Inframerah Termal-2	11,50 – 12,51	100 m

Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi kanal-kanal yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Kanal 1 dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada kanal yang sama pada Landsat 7, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau *aerosol*. Deteksi terhadap awan *cirrus* juga lebih baik dengan dipasangnya kanal 9 pada sensor OLI, sedangkan kanal termal sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi.

2.4 Koreksi Geometrik

Menurut Mather (1987), koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi *pixel* sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran objek di permukaan bumi yang terekam sensor. Pengubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil transformasi ini. Tahap ini diterapkan pada citra digital mentah (langsung hasil perekaman satelit), dan merupakan koreksi kesalahan geometrik sistematik.

Geometrik citra penginderaan jauh mengalami pergeseran, karena orbit satelit sangat tinggi dan medan pandangnya kecil, maka terjadi distorsi geometrik (Hardiyanti dan Tjaturahono, 2008). Kesalahan geometrik citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi yang diindera. Akibat dari kesalahan geometrik ini maka posisi *pixel* dari data inderaja satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya.

Kesalahan geometrik menurut sifatnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu kesalahan sistematik dan kesalahan random (Hardiyanti dan Tjaturahono, 2008). Kesalahan sistematik merupakan kesalahan yang dapat diperkirakan sebelumnya, dan besar kesalahannya pada umumnya konstan, oleh karena itu dapat dibuat perangkat lunak koreksi geometrik secara sistematik. Kesalahan geometri yang bersifat *random* (acak) tidak dapat diperkirakan terjadinya, maka koreksinya harus ada data referensi tambahan yang diketahui. Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik sistemik dan koreksi geometrik presisi.

Berdasarkan sumbernya kesalahan geometrik pada citra penginderaan jauh dapat dikelompokkan menjadi dua tipe kesalahan, yaitu kesalahan internal (internal *distorsion*), dan kesalahan eksternal (*external distorsion*) (Hardiyanti dan Tjaturahono, 2008). Kesalahan geometrik internal disebabkan oleh konfigurasi sensornya, akibat pembelokan arah penyinaran menyebabkan distorsi panoramik (*look angle*), yang terjadi saat cermin *scan* melakukan *scanning*. Besarnya sudut pengamatan (*field of view*) satelit pada proses *scanning* akan mengakibatkan perubahan luas cakupan objek.

2.5 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik adalah koreksi yang ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan obyek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan.

Koreksi Radiometrik diperlukan atas dasar dua alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral obyek yang sebenarnya (Guindon, 1984; Jensen,1986). Koreksi radiometrik citra yang ditunjukkan untuk memperbaiki visual citra berupa pengisian kembali baris yang

kosong karena *drop out* baris maupun masalah kesalahan awal pelarikan (*scanning start*) serta koreksi ini digunakan dalam perbaikan nilai pantulan obyek yang tidak sesuai akibat efek atmosfer.

Koreksi radiometrik terbagi menjadi 2 jenis, yaitu kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosferik (Sari, Taufik dan Jaelani, 2015):

2.5.1 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi Radiometrik merupakan langkah pertama yang harus dilakukan saat kita mengolah data citra satelit. Tujuan utama dari Kalibrasi radiometrik ini adalah untuk mengubah data pada citra yang (pada umumnya) disimpan dalam bentuk *Digital Number* (DN) menjadi *radiance* dan/atau *reflectance*, bisa juga ke *brightness temperature* (untuk kanal Termal Infra Red) (Jaelani, 2013). Pada citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS cara yang digunakan adalah *Gain* dan *Offset* seperti berikut (Jaelani, 2013):

1. Konversi DN ke TOA (*Top Of Atmosfer*) *Radiance*

   Rumus yang digunakan untuk mengubah DN ke *radiance* (L) adalah sebagai berikut:

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \tag{2.5}$$

Dimana :

L_λ = TOA *spectral radiance* (Watts/(m^2 * srad * μm))

M_L = *Band-specific multiplicative rescaling factor (RADIANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)*

A_L = *Band-specific additive rescaling factor from the metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)*

Q_{cal} = *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN)

Radiance rescaling factors di atas bisa ditemukan di file metadata (yang selalu menyertai setiap data citra satelit).

2. Konversi DN ke TOA *Reflectance* (ρ)

Konversi DN bisa juga dilakukan langsung menjadi r*eflectance*, gunakan rumus berikut:

$$\rho\lambda' = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (2.6)$$

Dimana:

$\rho\lambda'$ = TOA *reflectance*

M_ρ = *Band-specific multiplicative rescaling factor (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)*

A_ρ = *Band-specific additive rescaling factor from the metadata (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)*

Q_{cal} = *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN)

3. Konversi DN ke *brightness temperature*

Khusus untuk sensor pada *band thermal*, kita bisa mengubah nilai DN menjadi nilai *brightness temperature* dengan rumus berikut (Jaelani, 2013):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}+1\right)} \quad (2.7)$$

Di mana :

T = *At-satellite brightness temperature* (K)

Lλ = TOA *spectral radiance* (Watts/(m^2 * srad * μm))

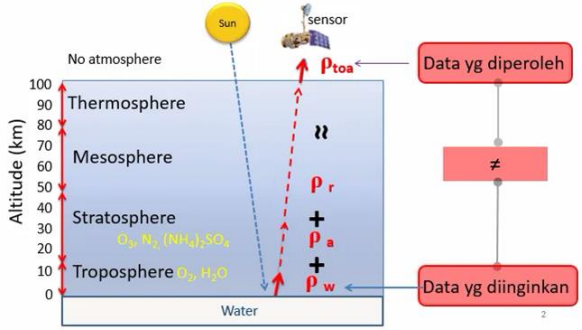
K = *Band-specific thermal conversion constant from the metadata (K1_CONSTANT_BAND_x, where x is the band number, 10 or 11)*

K2 = *Band-specific thermal conversion constant*

from the metadata (K2_CONSTANT_BAND_x, where x is the band number, 10 or 11)

2.5.2 Koreksi Atmosferik

Koreksi Atmosfer adalah proses yang diperlukan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer pada data penginderaan jauh yang direkam oleh sensor (Jaelani, 2016). Koreksi ini dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai parameter atmosfer dalam proses koreksi. termasuk faktor musim, dan kondisi iklim di lokasi perekaman citra (misalnya tropis, sub-tropis, dan lainnya). Kelebihannya ada pada kemampuannya untuk memperbaiki gangguan atmosfer seperti kabut tipis, asap, dan lain-lain (Kristianingsih *et al*, 2016).



Gambar 2.2 Pengaruh Atmosfer terhadap Data Citra (Jaelani, 2016)

Gambar 2.2 memperlihatkan bahwa atmosfer mampu mempengaruhi gelombang elektromagnetik dari matahari ke objek dan dari objek ke sensor yang menyebabkan terjadinya kesalahan pada data citra, di mana data citra yang diperoleh dengan data yang diinginkan tidak sama. Kesalahan tersebut dapat diminimalkan dengan melakukan koreksi atmosfer.

Koreksi atmosfer memiliki beberapa metode, yakni metode *Dark Object Subtraction* (DOS), *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (FLAASH), dan *Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar*

Spectrum Vector (6SV). Metode 6SV memperhitungkan efek atmosfer (penyerapan gas oleh uap air, karbon dioksida, oksigen dan ozon, hamburan dari molekul dan aerosol), dan permukaan yang tidak seragam juga dapat dipertimbangkan sebagai refleksi dua arah sebagai batas kondisi. Citra dikoreksi dengan rumus:

$$acr_\lambda = y_\lambda/(1.+xc_\lambda * y_\lambda) \quad (2.8)$$

$$y_\lambda = xa_\lambda * (L_\lambda) - xb_\lambda \quad (2.9)$$

Dimana:

acr_λ = Reflektan permukaan

L_λ = Radian (w/m^2/sr/mic)

Parameter koreksi diperoleh dengan menjalankan perangkat lunak 6SV berbasis *web* yang ada di http://6s.ltdri.org/. Untuk mendefinisikan konsentrasi dari aerosol, digunakan parameter meteorologi berupa *horizontal visibility* yang dapat dimasukkan secara langsung dalam 6SV.

2.6 ***Index-based Built-up Index* (IBI)**

Daerah perkotaan adalah ekosistem yang bersifat kompleks yang terdiri dari bahan-bahan heterogen. Namun Ridd (1995) masih bisa membagi ekosistem perkotaan menjadi tiga komponen yaitu vegetasi hijau, permukaan kedap air, dan tanah terbuka, dan karenanya dicipitakan model V-I-S. Namun, mengabaikan air terbuka dalam model V-I-S telah menyebabkan ketidaknyamanan bagi banyak orang dikarenakan pentingnya air dalam ekosistem perkotaan. Oleh karena itu, air terbuka diperhitungkan dalam penelitian ini dan metode IBI untuk ekstraksi tutupan lahan dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu lahan terbangun, non terbangun, dan air terbuka. Dari ketiga kompenen ini, terpilih tiga *spectral indices* yaitu *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) (Xu, 2008).

Persamaan yang dipakai untuk menghitung nilai IBI adalah (Xu, 2008):

$$\mathrm{IBI} = \frac{[\mathrm{NDBI}-(\mathrm{SAVI}+\mathrm{MNDWI})/2]}{[\mathrm{NDBI}+(\mathrm{SAVI}+\mathrm{MNDWI})/2]} \tag{2.10}$$

NDVI bisa digunakan untuk menggantikan SAVI dengan persamaan sebagai berikut (Xu, 2008):

$$\mathrm{IBI} = \frac{\frac{2\rho s(\mathrm{SWIR}-1)}{\rho s(\mathrm{SWIR}-1)+\rho s(\mathrm{NIR})} - \left[\frac{\rho s(\mathrm{NIR})}{\rho s(\mathrm{NIR})+\rho s(\mathrm{Merah})} + \frac{\mathrm{ps}(\mathrm{Hijau})}{\rho s(\mathrm{Hijau})+\rho s(\mathrm{SWIR}-1)}\right]}{\frac{2\rho s(\mathrm{SWIR}-1)}{\rho s(\mathrm{SWIR}-1)+\rho s(\mathrm{NIR})} + \left[\frac{\rho s(\mathrm{NIR})}{\rho s(\mathrm{NIR})+\rho s(\mathrm{Merah})} + \frac{\mathrm{ps}(\mathrm{Hijau})}{\rho s(\mathrm{Hijau})+\rho s(\mathrm{SWIR}-1)}\right]} \tag{2.11}$$

Dimana:

$\rho_{S(\mathrm{SWIR}-1)}$ =Reflektan permukaan kanal inframerah gelombang pendek-1

$\rho_{S(\mathrm{Hijau})}$ = Reflektan permukaan kanal hijau

$\rho_{S(\mathrm{NIR})}$ = Reflektan permukaan kanal inframerah dekat

$\rho_{S(\mathrm{Merah})}$ = reflektan permukaan kanal merah

2.6.1 *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI)

Aplikasi penginderaan jauh untuk keperluan penelitian dan pengamatan air dan pesisir telah lama digunakan oleh banyak ilmuan. Penggunaan satelit penginderaan jauh sebagai alat untuk me-monitoring kondisi perairan banyak digunakan karena biaya yang lebih murah jika dibandingkan dengan pengamatan secara langsung. Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengekstraksi informasi perairan oleh beberapa ilmuan. Metode-metode tersebut dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yakni: metode *single-band*, *image classification*, dan metode *multi-band*. Metode yang saat ini paling sering digunakan adalah

metode *multi-band* dikarenakan metode *multi-band* mengombinasikan beberapa *band spektral* dalam mengambil informasi perairan memiliki akurasi yang lebih baik dalam memperoleh informasi perairan dibanding metode yang lain.

Terdapat dua metode *multi-band* yang banyak digunakan untuk memperoleh informasi perairan yakni *Normalized Difference Water Index* (NDWI) oleh McFeeters (1996) dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) oleh Xu (2006). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Xu (2006); Ji, dkk. (2009); Li, dkk. (2013); dan Du, dkk. (2014), MNDWI menghasilkan indeks perairan yang lebih akurat dibandingkan dengan NDWI. Berbeda dengan NDWI yang menggunakan nilai reflektan pada *band near-infrared*, MNDWI menggunakan band *shortwave-infrared* untuk membedakan air dengan objek lainnya. Persamaan yang dipakai dalam menghitung nilai MNDWI adalah (Xu, 2008):

$$\mathrm{MNDWI} = \frac{\rho_{S(\mathrm{Hijau})} - \rho_{S(\mathrm{SWIR}-1)}}{\rho_{S(\mathrm{Hijau})} + \rho_{S(\mathrm{SWIR}-1)}} \tag{2.12}$$

Dimana:

$\rho_{S(\mathrm{SWIR}-1)}$=Reflektan permukaan kanal inframerah gelombang pendek-1

$\rho_{S(\mathrm{Hijau})}$ = Reflektan permukaan kanal hijau

2.6.2 *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI)

SAVI lebih sensitif dalam mendeteksi vegetasi seperti tanaman rendah pada daerah yang tertutup seperti daerah perkotaan. SAVI dapat bekerja di area vegetasi 15%, sedangkan NDVI hanya dapat bekerja secara efektif di area vegetasi diatas 30% (Ray, 2006). Oleh karena itu, SAVI lebih cocok untuk daerah perkotaan. Persamaan yang dipakai dalam menghitung nilai SAVI adalah (Xu, 2008):

$$\text{SAVI} = \frac{(\rho s(\text{NIR}) - \rho s(\text{Merah}))(1+l)}{(\rho s(\text{NIR}) + \rho s(\text{Merah}) + l)} \quad (2.13)$$

Dimana:

$\rho_{S(Merah)}$ = Reflektan permukaan kanal merah

$\rho_{S(NIR)}$ = Reflektan permukaan kanal inframerah dekat

l = Faktor koreksi dari 0 untuk kepadatan tanaman yang sangat tinggi hingga 1 untuk kepadatan tanaman yang sangat rendah. Jika 0 digunakan maka SAVI akan sama dengan NDVI.

2.6.3 *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI)

NDBI adalah indeks bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kepadatan bangunan. Indeks ini awalnya dikembangkan untuk digunakan dengan *band* 4 dan 5 menggunakan citra TM. NDBI juga dapat bekerja dengan data Landsat 8 atau sensor *multispektral* apapun. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai NDBI adalah (Xu, 2008):

$$\text{NDBI} = \frac{\rho s(\text{SWIR}-1) - \rho s(\text{NIR})}{\rho s(\text{SWIR}-1) + \rho s(\text{NIR})} \quad (2.14)$$

Dimana:

$\rho_{S(SWIR-1)}$=Reflektan permukaan kanal inframerah gelombang pendek-1

$\rho_{S(NIR)}$ = Reflektan permukaan kanal inframerah dekat

2.7 ***Land Surface Temperature* (LST)**

Suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan dan media bawah permukaan tanah. Temperatur permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasikan dari citra satelit Landsat yang diekstrak dari kanal termal. Dalam penginderaan jauh, temperatur permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suatu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda. Dalam

melakukan estimasi nilai LST salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *Single-Channel Algorithm* (SCA) (Jimenez-Munoz dkk. 2009):

$$\mathrm{LST} = \gamma\left[\frac{1}{\varepsilon}(\psi_1 \mathrm{L}_\lambda + \psi_2) + \psi_3\right] + \delta \tag{2.15}$$

$$\gamma = \left\{\frac{c_2 \mathrm{L}_\lambda}{\mathrm{T}^2}\left[\frac{\lambda^4 \mathrm{L}_\lambda}{c_1} + \frac{1}{\lambda}\right]\right\}^{-1} \tag{2.16}$$

$$\delta = -\gamma \cdot L_\lambda + T \tag{2.17}$$

Dimana:

LST = Suhu Permukaan Tanah (K)

ε = Nilai emisivitas permukaan tanah

T = *At-Satellite brightness temperature* (K)

L_λ = *TOA spectral radiance (Watts/(m^2 * srad * μm))*

λ = Panjang gelombang efektif untuk citra *Landsat* 8 TIRS kanal 10 (10, 895 μm)

c_1 = Konstanta radiasi Planck ($1{,}19104 \times 10^8$ W μm^4 m^{-2} sr^{-1})

c_2 = Konstantas radisi Planck ($1{,}43877 \times 10^4$ μm K)

Pada metode *single channel* digunakan kanal 10 karena terbukti menghasilkan kesalahan dan bias lebih rendah dari pada kanal 11. Metode ini berhasil di evaluasi dengan data yang bersifat global dan *robust radiosonde database* dan divalidasi dengan data *in situ* dari empat menara *fluks* dengan berbagai jenis vegetasi dan lahan salju di 44 *scenes* pada satelit Landsat 8 (Cristobal et al, 2018).

Perhitungan parameter koreksi atmosfer membutuhkan beberapa data cuaca saat citra diambil. Beberapa data tersebut adalah koordinat citra (diambil koordinat pertengahan), tanggal citra diambil, ketinggian, kelembaban relatif, tekanan udara, serata suhu udara. Perhitungan ini akan menghasilkan tiga buah parameter yang akan digunakan dalam perhitungan LST yakni *band average atmospheric transmission* (τ), *effective bandpass upwelling radiance* ($L^{\uparrow}$) serta *effective bandpass downwelling*

radiance ($L^{\downarrow}$). Untuk mengubahnya ke nilai $\psi_1, \psi_2, dan\ \psi_3$ maka menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau} \tag{2.18}$$

$$\psi_2 = -L^{\downarrow} - \frac{L^{\uparrow}}{\tau} \tag{2.19}$$

$$\psi_3 = L^{\uparrow} \tag{2.20}$$

Pengambilan data emisivitas permukaan tanah dilakukan dengan memanfaatkan NDVI *Threshold Method* ($NDVI^{THM}$). Rumus mencari NDVI adalah sebagai berikut (Rouse *et al*, 1974):

$$\mathrm{NDVI} = \frac{\rho_{S(NIR)} - \rho_{S(Merah)}}{\rho_{S(NIR)} + \rho_{S(Merah)}} \tag{2.21}$$

Dimana:

$\rho_{S(NIR)}$ = reflektan permukaan kanal inframerah dekat

$\rho_{S(Merah)}$ = reflektan permukaan kanal merah

Pada $NDVI^{THM}$, ambang batas ditentukan untuk memperkirakan jenis tutupan lahan yang terdapat pada lokasi penelitian. NDVI yang memiliki nilai kurang dari 0,2 ($NDVI_s$) maka dianggap tanah dan bangunan sehingga memiliki nilai LSE sama dengan 0,96 ($\varepsilon_{s\lambda}$ = 0,96). Sementara nilai NDVI yang melebihi 0,5 ($NDVI_v$) maka akan dianggap sebagai vegetasi penuh sehingga memiliki nilai LSE 0,99 ($\varepsilon_{v\lambda}$ = 0,99). Nilai NDVI yang berada di antara 0,2 – 0,5 (campuran vegetasi dan tanah atau bangunan) akan memiliki nilai seperti pada persamaan di bawah ini (Sobrino, dkk. 2008).

$$\varepsilon = \varepsilon_{v\lambda} \cdot P_v + \varepsilon_{s\lambda} \cdot (1 - P_v) + C_\lambda \tag{2.22}$$

Dimana:

ε = Emisivitas permukaan tanah

$\varepsilon_{v\lambda}$ = Emisivitas vegetasi (0,99)

$\varepsilon_{s\lambda}$ = Emisivitas tanah/soil (0,96)

P_v = Proporsi vegetasi, di mana:

$$P_v = \left(\frac{\mathrm{NDVI} - \mathrm{NDVI_s}}{\mathrm{NDVI_v} - \mathrm{NDVI_s}}\right)^2 \tag{2.23}$$

$$C_\lambda = (1 - \varepsilon_{s\lambda})\varepsilon_{v\lambda} \cdot \acute{F}(1 - P_v) \quad (2.24)$$

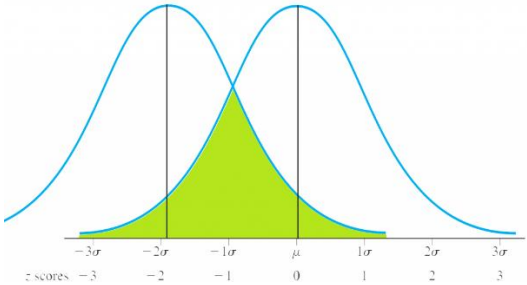
P_v merupakan nilai proporsi vegetasi dari suatu wilayah, beberapa sumber juga menyebut P_v sebagai FVC (*Fractional Vegetation Cover*), sedangkan C_λ adalah *cavity effect* merupakan nilai tingkat kekasaran suatu daerah yang disebabkan adanya tekstur pada permukaan tanah yang terekam dalam citra (Walawender *et al*. 2014).

Penghitungan suhu permukaan menggunakan metode SC memerlukan data parameter koreksi atmosfer didapatkan dari permodelan profil atmosfer yang dilakukan oleh Barsi dkk. (2003 & 2005), *The Atmospheric Correction Parameter Calculator* menggunakan permodelan profil atmosfer global dari *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) dan menginter-polasikannya pada tanggal, jam, dan lokasi yang spesifik. Sementara untuk *Radiative Transfer code* yang digunakan adalah MODTRAN. *The Atmospheric Correction Parameter Calculator* dapat diakses pada sebuah laman web https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/.

2.8 Otsu Thresholding

Thresholding atau proses penentuan ambang batas nilai *pixel* pada citra digital, merupakan salah satu teknik utama dalam *clustering* atau klasifikasi citra digital. Salah satu metode *automatic* thresholding adalah Otsu Thresholding (Otsu, 1979). Metode ini dikembangkan oleh Prof. Nobuyuki Otsu dari *Electro-Technical Laboratory, Tokyo University*, pada tahun 1979. Metode ini dipakai secara luas dapat secara otomatis menentukan ambang batas optimal untuk melakukan thresholding. Metode ini berusaha memaksimalkan variasi antara kedua warna dari citra biner yang dihasilkan. Algoritma Otsu Thresholding memiliki asumsi dasar bahwa data terdistribusi *Univariate Gaussian Bimodal*, yaitu distribusi normal dengan dua puncak. Sehingga setelah dipisahkan akan mendapatkan data masing-masing yang memiliki distribusi normal *Gaussian Unimodal*. Pada penelitian Liu *et al* (2010) dapat

disimpulkan bahwa metode Otsu memiliki kelebihan dalam kecepatan pemrosesan dan memberikan hasil yang baik walaupun histogram memiliki lebih dari dua puncak.



Gambar 2.3 *Univariate Gaussian Bimodal*

Di dalam proses kalkulasinya, algoritma Otsu Thresholding bekerja dengan cara menemukan variasi terbesar antar kelas. *Software* yang bisa digunakan untuk melakukan Otsu Thresholding adalah ImageJ (Schneider et al, 2012; Schindelin et al, 2015). Aplikasi ini terdapat *tools* yang secara otomatis menampilkan ambang batas dari citra.

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait dengan analisis *indeks spektral* untuk tutupan lahan dan suhu permukaan tanah dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Hanqiu Xu (2008)
Judul	*A New Index for Delineating Built-up Land Features in Satellite Imagery*
Metode	Mengkaji tentang *Index-based Bulit-up Index* (IBI) atau metode dengan indeks spektral *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) untuk menggambarkan tutupan lahan
Data	Citra satelit Landsat 7 ETM+ di Kota Fuzhou, China

Hasil dan Analisa	Hasil menunjukkan bahwa IBI dapat secara signifikan menggambarkan tutupan lahan secara efektif. Uji validasi kedua dengan memeriksa hubungan antara IBI dengan NDVI, MNDWI, dan LST. Analisa statistik menunjukkan bahwa IBI memiliki korelasi positif dengan suhu permukaan tanah, tetapi negatif terhadap NDVI dan MNDWI. Secara keseluruhan akurasi dari metode IBI adalah 96,7%
Peneliti	Handis Muzaky (2019)
Judul	Analisis Pengaruh Tutupan Lahan terhadap Distribusi Suhu Permukaan : Kajian *Urban Heat Island* di Lima Kota Besar di Indonesia
Metode	Melakukan pengkajian fenomena UHI di lima kota besar di Indonesia dengan identifikasi tutupan lahan menggunakan indeks spektral: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI), dan *Visible red Near Infrared-Buildup Index* (VrNIR-BI) dan selanjutnya dianalisis hubungan dengan LST
Data	Penelitian ini (Kota Medan, Jakarta, Bandung, Surabaya, dan Makassar) menggunakan data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS
Hasil dan Analisa	Hasil nilai korelasi antara LST dengan NDVI di Kota Medan, Jakarta, Bandung, Surabaya, dan Makassar sebesar -0,65; -0,49; -0,51; -0,49; dan -0,63 sementara antara LST dan VrNIR-BI masing-masing sebesar 0,65; 0,49; 0,51; 0,48; dan 0,63. Keberadaan tutupan lahan bervegetasi terbukti menurunkan suhu rata-rata di daerah perkotaan, khususnya di Kota Medan dan Makassar.
Peneliti	Al-Mukmin, Wijaya, dan Sukmono (2016)
Judul	Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Distribusi Suhu Permukaan dan

	Keterkaitannya dengan Fenomena *Urban Heat Island*
Metode	Mengkaji tentang analisis perubahan tutupan lahan dan keterkaitannya dengan UHI. Nilai suhu permukaan didapat dari kanal inframerah termal yang diekstraksi menggunakan algoritma *Mono-window Brightness Temperature* yang kemudian hasilnya di-*overlay* dengan peta tutupan lahan hasil klasifikasi terbimbing sehingga diketahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap distribusi suhu permukaan.
Data	Citra satelit Landsat 5 untuk data pada tahun 1999 dan 2007 dan Landsat 8 untuk data pada tahun 2014 di Kota Cirebon
Hasil dan Analisa	Hasil penelitian menunjukkan pada tahun 1999 kelas suhu permukaan yang mendominasi adalah kelas 29°C-30°C, namun kelas tersebut semakin berkurang pada tahun 2007 dan 2014 dan kelas 33°C-34°C mendominasi akibat semakin meningkatnya lahan terbangun. Hasil uji regresi sederhana antara perubahan luas lahan terbangun terhadap suhu permukaan didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 99%. Sedangkan hasil uji regresi sederhana antara perubahan luas sawah terhadap suhu permukaan didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 99%. Suhu tinggi yang terdapat di wilayah pusat kota yang kemudian menurun ke arah pinggiran kota sampai ke desa, dengan selisih ±1-3°C, membuktikan adanya fenomena *Urban Heat Island* di Kota Cirebon.
Peneliti	Fawzi (2017)
Judul	Mengukur *Urban Heat Island* Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus di Kota Yogyakarta

Metode	Penelitian ini mengkaji pengaruh pembangunan kota terhadap peningkatan suhu. Metode ekstraksi suhu permukaan menggunakan inversi persamaan Planck dengan koreksi emisivitas dan atmosfer menggunakan *radiative transfer equation*.
Data	Studi kasus di Kota Yogyakarta dengan menggunakan citra Landsat 8 perekaman tanggal 24 Juni 2013
Hasil dan Analisa	Hasil pengolahan didapatkan intensitas UHI sebesar ±2,5^{o}C pada Kota Yogyakarta dan intensitas UHI sebesar ±3,23^{o}C pada area yang diperluas dengan bufer 1 km dari batas Kota Yogyakarta. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan area penelitian untuk analisis UHI menjadi penting karena mempengaruhi nilai intensitas UHI dan distribusi UHI. Ditemukan kawasan Malioboro dan sekitarnya berpotensi kuat terjadi UHI, sehingga perlu upaya mitigasi UHI pada kawasan tersebut.

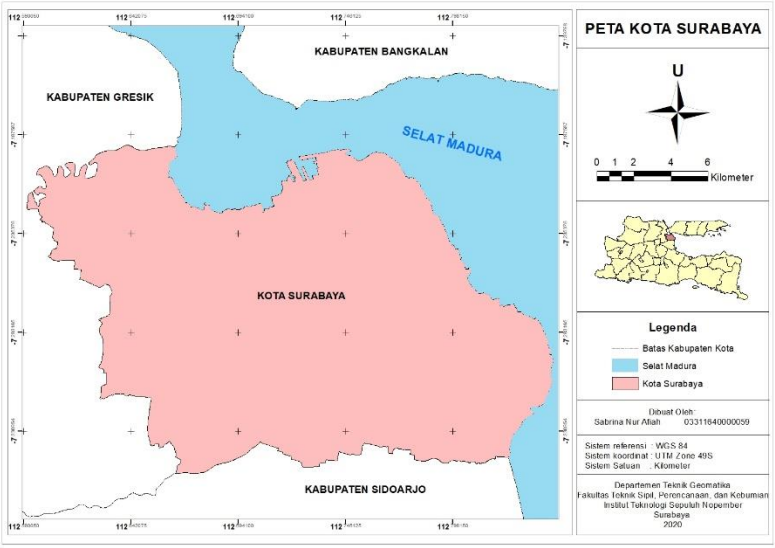
Perbedaan penelitian kali ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yaitu menganalisis pengaruh perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan menggunakan data Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI/TIRS dengan metode *Index-based Bulit-up Index* (IBI) untuk ekstraksi tutupan lahan. Lokasi penelitian yang diambil adalah Kota Surabaya. Data yang digunakan pada penelitian kali ini adalah data pada tahun 2002, 2014, dan 2019 pada saat musim kemarau. Metode IBI memiliki tiga *spectral indices yaitu Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) untuk lahan terbangun, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk vegetasi dan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI) untuk air. Hasil yang akan didapatkan adalah pengaruh tutupan lahan terhadap suhu permukaan dan perubahannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan studi kasus pada penelitian ini adalah Kota Surabaya (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian, 2020 (Sumber: Pengolahan Data)

Kota Surabaya adalah ibu kota Provinsi Jawa Timur yang dikenal sebagai kota pahlawan. Kota Surabaya memiliki luas 33.306,30 Ha dan terletak di 7° 9'- 7° 21' LS (Lintang Selatan) dan 112° 36'- 112° 54' BT (Bujur Timur). Kota Surabaya memiliki ketinggian 3-6 meter di atas permukaan air laut (dataran rendah), kecuali di bagian selatan terdapat dua bukit landau di daerah Lidah dan Gayungan dengan ketinggian 25-50 meter di atas permukaan air laut. Wilayah Kota Surabaya berbatasan dengan Selat Madura di sebelah utara dan timur, Kabupaten Sidoarjo di sebelah selatan serta Kabupaten Gresik di sebelah barat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2018 menunjukkan bahwa udara rata-rata di

kota ini pada tahun 2017 berkisar antara 24,5 – 33,77 ^{o}C (BPS 2018).

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Penelitian ini membutuhkan beberapa data untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

1. Citra Satelit Landsat 7 ETM+ Collection 1 (C1) Level-1 dan Level-2 Kota Surabaya pada tanggal 19 Mei 2002 pada musim kemarau.
2. Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS Collection 1 (C1) Level-1 dan Level-2 Kota Surabaya pada tanggal 29 Juni 2014 dan 11 Juni 2019 pada musim kemarau.
3. Vektor Batas Administrasi Kota/Kabupaten skala 1:25.000 tahun 2015 yang diperoleh dari BIG.
4. Data lapangan berupa koordinat dan objek klasifikasi tutupan lahan untuk uji akurasi tutupan lahan yang diambil pada bulan April tahun 2019 diperoleh dari data penelitian terdahulu oleh Muzaky (2019).
5. Data cuaca sesuai dengan tanggal akuisisi citra diperoleh dari Stasiun Meteorologi Juanda, Stasiun Meteorologi Perak I, dan Stasiun Meteorologi Maritim Perak II milik BMKG.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak, antara lain:

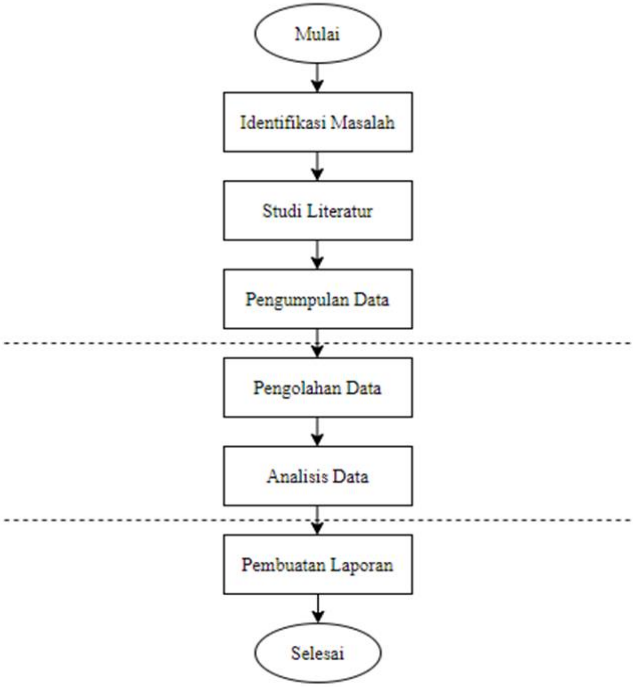
A. Perangkat Keras
   1. Laptop/ *Personal Computer* (PC)

B. Perangkat Lunak
   1. Perangkat lunak pengolah citra digunakan dalam pengolahan Citra Landsat 8 OLI/TIRS.
   2. Perangkat lunak pengolah data spasial digunakan untuk pembuatan peta.
   3. Perangkat lunak pengolah kata digunakan untuk pembuatan laporan.

4. Perangkat lunak pengolah angka digunakan untuk analisis data dalam bentuk angka dan diagram/grafik.

3.3 Metodologi Penelitian

Diagram alir metodologi yang akan dilaksanakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.2 Penelitian Secara Umum

Penjelasan dari bagan diagram alir di atas dijelaskan pada penjabaran di bawah ini:

3.3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan mencakup beberapa proses sebelum penelitian dilaksanakan. Identifikasi masalah, studi literatur, dan pengumpulan data dilakukan pada fase ini untuk mempersiapkan pengolahan data yang dilakukan pada tahap selanjutnya.

1. Identifikasi Masalah

   Tahap ini merupakan tahap awal yaitu mengidentifikasi masalah yang akan diteliti, yang terdiri dari merumuskan masalah di daerah studi yang akan dikaji, kemudian menentukan tujuan penelitian, dan manfaat yang akan diperoleh dari penelitian yang dilakukan.
2. Studi Literatur

   Studi literatur dilakukan dalam usaha untuk mendapatkan informasi mengenai penelitian-penelitian dengan tema terkait yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini penting dilakukan agar penelitian yang dilakukan memiliki rujukan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.
3. Pengumpulan Data

   Semua data yang diperlukan dalam penelitian ini dikumpulkan dari berbagai sumber yang dapat dipercaya. Data citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 level-1 dan level-2 diperoleh dari laman *earthexplorer* milik USGS yang dapat diakses melalui https://earthexplorer.usgs.gov. sementara itu, data vector batas administrasi daerah penelitian diperoleh dari laman web http://tanahair.indonesia.go.id milik Badan Informasi Geospasial (BIG).

3.3.2 Tahap Pengolahan

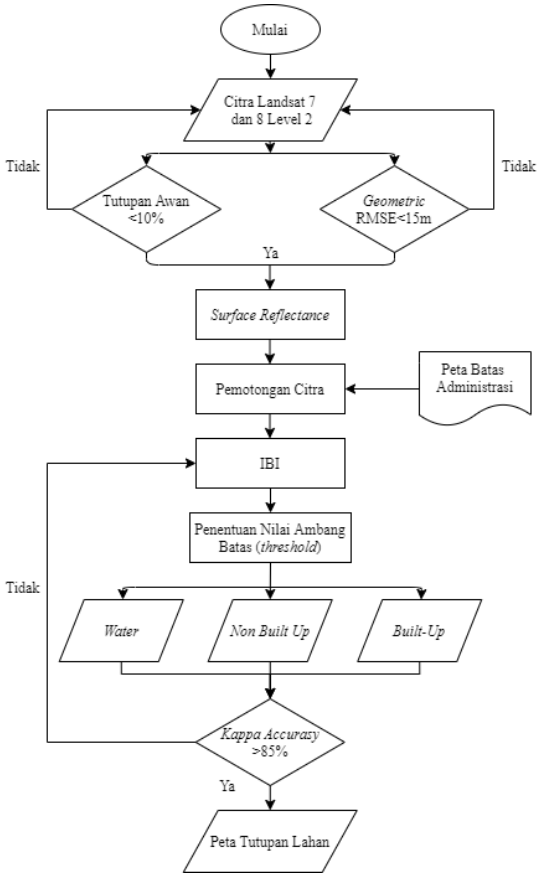
Data-data yang telah didapatkan diolah sesuai dengan metode yang telah didapatkan pada saat melakukan studi literatur.

1. Pengolahan Data Indeks Spektral

   Spectral indices yang digunakan pada metode IBI adalah NDVI, MNDWI, dan NDBI. Ketiga spectral indices ini untuk mewakili masing-masing tiga kelas tutupan lahan. NDVI untuk menentukan daerah vegetasi, NDBI untuk daerah lahan terbangun, dan MNDWI untuk mendeteksi badan air.

Metode IBI menggunakan data citra Landsat 7 dan Landsat 8 Level-2 (kecuali kanal thermal) yang sudah terkoreksi radiometrik (kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosferik), sehingga menghasilkan data reflektan permukaan.

Diagram alir pengelolaan citra menjadi spectral indices dijelaskan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan IBI

Penjelasan dalam diagram alir di atas adalah sebagai berikut:

a. *Surface Reflectance*

Citra yang akan digunakan dalam pengolahan *spectral indices* adalah Landsat 7 dan Landsat 8 level 2 yang memiliki persentasi tutupan awan tidak melebihi 10% serta memiliki nilai RMSE Geometrik tidak lebih dari 15m dikarenakan nilai RMSE yang baik adalah tidak lebih dari setengah dari resolusi spasial suatu citra, dimana resolusi kanal multispektral dari citra Landsat 8 adalah 30m. Data dari web USGS yang sudah terunduh akan tersimpan dalam tipe *integer* (bilangan bulat), sehingga untuk mengubahnya menjadi *reflectan* harus dibagi 10000 ke dalam tipe *float* (bilangan pecahan).

b. Pemotongan Citra

Untuk menyederhanakan proses pengolahan data, maka citra yang digunakan dipotong sesuai dengan batas administrasi Kota Surabaya.

c. Metode IBI

Spectral indices pada metode IBI adalah NDVI, MNDWI, dan NDBI. NDVI berfungsi untuk menentukan daerah vegetasi baik vegetasi hutan maupun rerumputan dan kawasan pertanian. Sementara MNDWI berguna untuk menentukan daerah berupa badan air seperti danau, sungai, rawa, kolam, dan lain-lain. NDBI berguna untuk menentukan daerah lahan terbangun seperti rumah, hotel, rumah sakit, dan lain-lain. Otsu Thresholding digunakan untuk menentukan ambang batas IBI dengan menggunakan aplikasi ImageJ. Penentuan nilai ambang batas (*threshold*) ini untuk membedakan antara lahan terbangun dan *non* terbangun (lahan kosong dan vegetasi).

d. Uji Akurasi

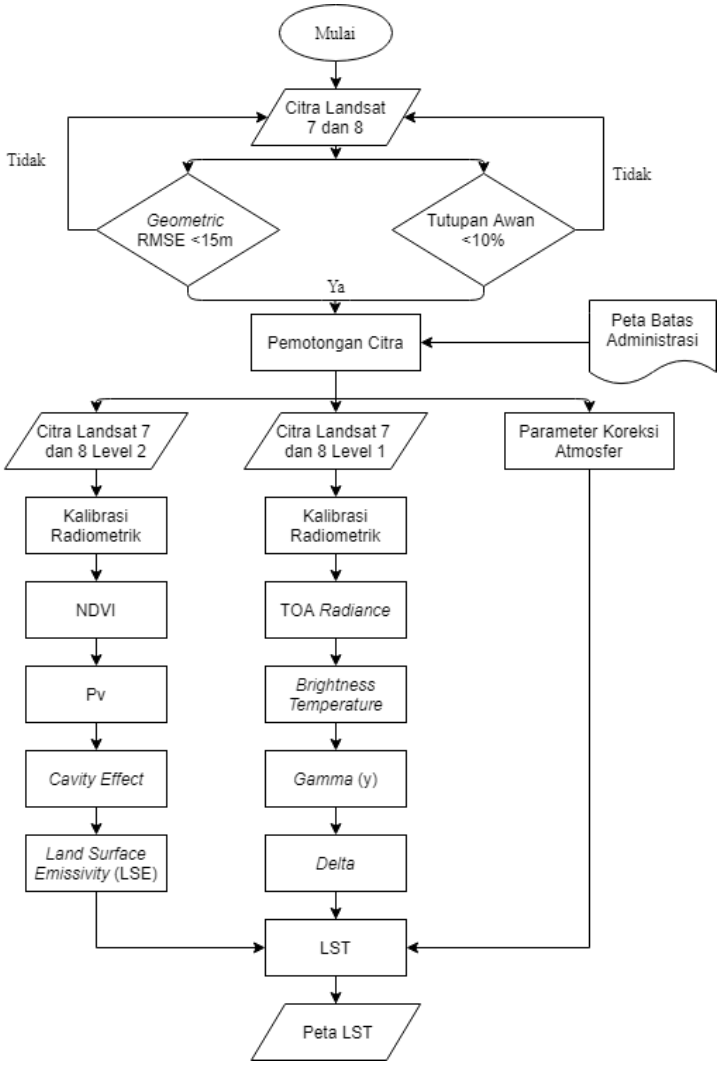
Uji akurasi dilakukan terhadap daerah penelitian di Kota Surabaya dengan menyebar beberapa titik sampel yang disebar menggunakan metode *stratified random sampling* diuji dengan melakukan validasi langsung ke lapangan dan hasilnya dihitung nilai *kappa accuracy* dengan minimal mencapai 85%.

e. Tutupan Lahan

Hasil dari pengolahan *spectral indices* NDVI, MNDWI, dan NDBI adalah peta tutupan lahan.

2. Pengolahan Data menjadi Suhu Permukaan Tanah

Dibawah ini adalah diagram alir dari tahap pengolahan data menjadi LST:



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Suhu Permukaan

Penjelasan diagram alir di atas adalah sebagai berikut:

a. Pengolahan Citra Level 2

   i. Kalibrasi Radiometrik

   Citra yang digunakan untuk mencari LSE adalah Landsat 7 dan Landsat 8 Level 2 yang telah terkoreksi geometrik dan atmosfer. Namun, data tersimpan dalam bentuk *Digital Number* atau tipe integer (bilangan bulat), sehingga untuk mengubahnya menjadi reflektan harus dibagi 10000 ke dalam tipe *float* (bilangan pecahan).

   ii. NDVI

   Pengolahan citra dengan mengombinasi kanal *Near Infrared* dan *Visible Red* yang telah terkoreksi atmosfer menjadi citra baru yang menunjukkan vegetasi dari citra tersebut.

   iii. *Proportion of Vegetation* (Pv)

   Pv merupakan nilai proporsi vegetasi dari suatu wilayah. Pv dibutuhkan dalam perhitungan nilai emisivitas dengan memasukkan hasil pengolahan NDVI yang sudah dilakukan sebelumnya.

   iv. *Cavity Effect* (C_λ)

   Cavity Effect merupakan nilai tingkat kekasaran suatu daerah yang disebabkan adanya tekstur pada permukaan tanah yang terekam dalam citra (Walawender *et al*, 2014). Parameter ini juga dibutuhkan dalam perhitungan emisivitas.

   v. *Land Surface Emissivity* (LSE)

   Land Surface Emissivity dilakukan untuk mendapatkan nilai emisivitas (ε) yang nantinya akan dimasukkan pada rumus perhitungan LST.

b. Pengolahan Citra Level 1

   i. Kalibrasi Radiometrik

Citra yang digunakan untuk mencari LST adalah citra Landsat 7 dan Landsat 8 Level 1. Untuk Landsat 8, kanal 10 digunakan karena memiliki absorpsi atmosfer yang lebih rendah dibanding dengan kanal 11 (Jiminez-Munoz, dkk. 2014). Koreksi radiometrik yang dilakukan pada kanal 10 untuk mengubah DN menjadi TOA radiance seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 persamaan (2.5). Kemudian dari TOA *radiance* diubah ke *Brighness Temperature* dengan menggunakan persamaan (2.7). hasil dari perhitungan *Brighness Temperature* memiliki satuan kelvin, maka diubah menjadi satuan Celcius dengan cara dikurangi 271,15.

ii. Gamma (γ) dan Delta (δ)

Gamma dan Delta merupakan suatu parameter yang digunakan dalam perhitungan LST menggunakan metode *Single Channel Algorithm* (SCA). Gamma dan Delta tidak memiliki representasi di lapangan mengingat ia hanya merupakan simplifikasi dari persamaan LST metode SCA. Rumus untuk mencari Gamma dan Delta sudah dijelaskan pada bab 2 persamaan (2.14) dan (2.15).

iii. Parameter Koreksi Atmosfer

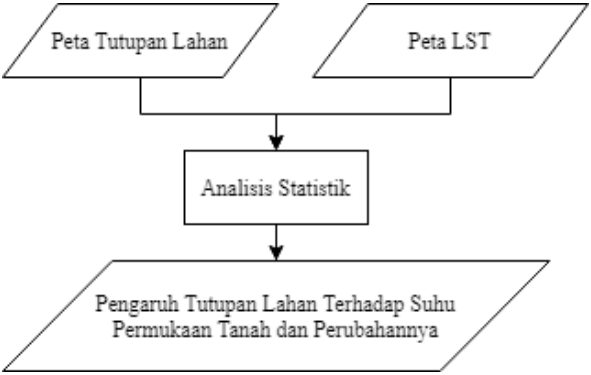
Parameter koreksi atmosfer dalam perhitungan sudah dijelaskan pada sub-bab (2.7). Perhitungan ini akan menghasilkan band *average atmospheric transmission* (τ), *effective bandpass upwelling radiance* (L↑) serta *effective bandpass downwelling radiance* (L↓). Persamaan yang digunakan untuk mengubahnya ke nilai ψ1, ψ2, dan ψ3 telah dijelaskan pada persamaan (2.16)-(2.18).

iv. *Land Surface Temperature* (LST)

Perhitungan LST dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.13). Hasil dari perhitungan LST ini akan diperoleh peta distribusi suhu permukaan tanah di Kota Surabaya dengan skala peta 1:100.000 .

3. Analisis Data

Dibawah ini adalah diagram alir analisis pengaruh tutupan lahan terhadap LST:



Gambar 3.5 Diagram Alir Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan dari hasil tutupan lahan serta LST. Nilai koefisien korelasi antara LST dengan tutupan lahan dilakukan menggunakan uji regresi linier sederhana. Hasilnya adalah korelasi antara tutupan lahan dengan LST dalam bentuk grafik, tabel, dan sebagainya.

3.3.3 Tahap Akhir

Tahap akhir merupakan tahap penyusunan laporan penelitian ini, serta pembuatan peta distribusi suhu permukaan dan tutupan lahan di Kota Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS

4.1 Hasil Tutupan Lahan

Tutupan lahan dihasilkan dari perhitungan beberapa kanal untuk mendapatkan nilai dari *Index-Based Built-Up Index* (IBI). Penerapan ambang batas pada IBI menjadi kunci utama akurasi dari tutupan lahan yang dihasilkan (Estoque, 2017). *Automated Threshold* dibutuhkan untuk mengklasifikasi IBI menjadi lahan terbangun dan *non* terbangun. Menggunakan aplikasi ImageJ dengan Otsu Threshold batas nilai pixel IBI didapatkan. Berikut ini merupakan ambang batas yang diperoleh setelah melakukan proses Otsu Thresholding.

Tabel 4.1 Ambang Batas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya, 2020 (Sumber: Pengolahan Data)

Kelas	Ambang Batas
Lahan Terbangun	> -0,04
Non Terbangun	-0,35 - (-0,04)
Air	< -0,35

Menurut penelitian oleh Bouhennache *et al* (2018) tutupan lahan dengan menggunakan Otsu Threshold dibagi menjadi tiga kelas berbeda yakni lahan terbangun (perumahan, jalan, kawasan industri, fasilitas umum), *non* terbangun (area vegetasi dan lahan kosong), dan air. Sebelum melakukan Otsu Thresholding, kelas air di masking terlebih dahulu baru kemudian dilakukan proses *thresholding* untuk memisahkan lahan terbangun dan non terbangun dan didapatkan nilai threshold sebesar -0.04 sepeti pada tabel 4.1.

Nilai akurasi yang dihasilkan oleh tutupan lahan diukur menggunakan metode uji kappa pada tutupan lahan Kota Surabaya tahun 2019. Uji Kappa dilakukan dengan menyebar titik sampel sebanyak 150 titik dengan metode *stratified random sampling*. Metode ini digunakan untuk meminimalisir bias pengambilan titik sampel yang tidak berimbang untuk tiap kelas tutupan lahan.

Tabel 4.2 Matriks Konfusi Tutupan Lahan di Kota Surabaya

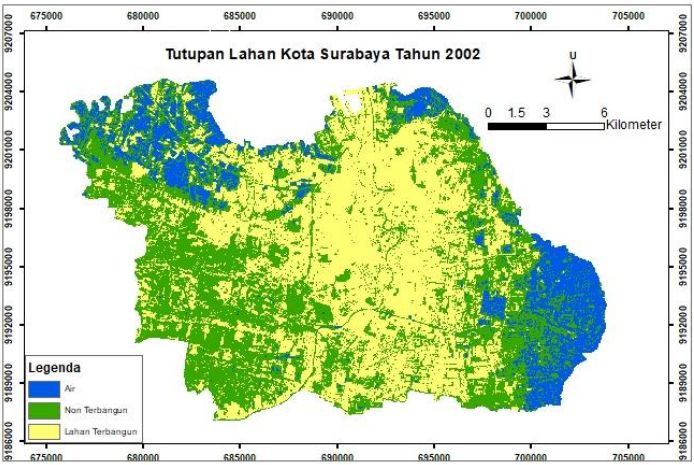
Klasifikasi	Non Terbangun	Lahan Terbangun	Air	Total	UA
Non Terbangun	56	0	2	58	96,55%
Lahan Terbangun	4	75	0	79	94,94%
Air	4	2	7	13	53,85%
Total	64	77	9	150	
PA	87,50%	97,40%	77,78%		92,00%

Kappa Accuracy : 85,70%
Overall Accuracy/OA : 92,00%
UA : *User's Accuracy*
PA : *Producer's Accuracy*

Pada tabel 4.2, dapat diketahui bahwa tutupan lahan yang dihasilkan memiliki nilai akurasi kappa sebesar 85,70%. Dari 150 titik sampel di lapangan, 58 titik berupa daerah non terbangun, 79 titik merupakan daerah lahan terbangun, dan 13 titik merupakan daerah air.

Nilai *User's Accuracy* (UA) tertinggi pada kelas non terbangun dengan nilai 96,55% tetapi *Producer's Accuracy* (PA) tertinggi pada kelas lahan terbangun dengan nilai 97,40%. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi terhadap lapangan paling baik terdapat pada kelas non terbangun, dan realisasi Otsu Threshold paling baik terdapat pada kelas lahan terbangun. Kelas air memiliki nilai *User's Accuracy* (UA) dan *Producer's Accuracy* (PA) terendah dengan masing-masing nilai 53,85% dan 77,78%. Hal ini membuktikan rendahnya akurasi terhadap lapangan serta kurang terealisasi dengan baik kelas air karena proses thresholding yang terpisah dengan kelas lainnya. Nilai Overall Accuracy (OA) yang didapatkan adalah sebesar 92%. Hal ini menunjukkan *Index-Based Built-Up Index* (IBI) cukup baik digunakan untuk ekstraksi tutupan lahan khususnya pada daerah *Urban City*.

4.1.1 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2002



Gambar 4.1 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tanggal 19 Mei 2002

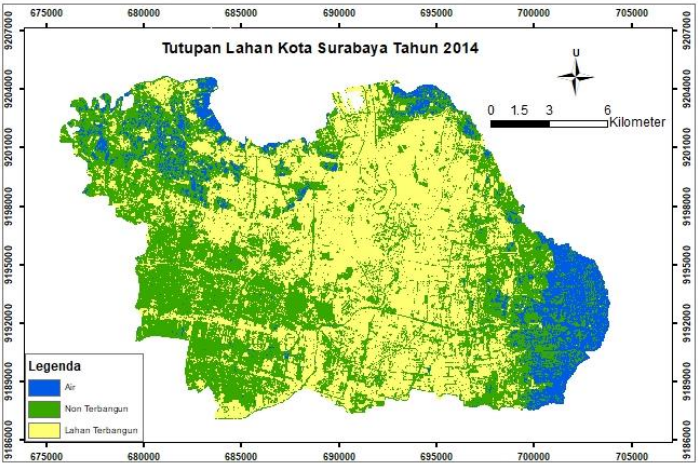
Pada gambar 4.1 tutupan lahan Kota Surabaya dibagi menjadi tiga kelas yaitu air yang disimbolkan dengan warna biru, non terbangun dilambangkan dengan warna hijau dan lahan terbangun yang disimbolkan dengan warna kuning.

Tabel 4.3 Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2002

Tutupan Lahan	Luas (km²)	Persentase (%)
Air	44,66	13,53
Non Terbangun	138,29	41,88
Lahan terbangun	147,25	44,59
Total	330,20	100,00

Pada tabel 4.3 dapat diketahui kelas tutupan lahan terluas pada tahun 2002 adalah lahan terbangun dengan persentase 44,59% yang mendominasi pada bagian Surabaya Pusat. Sedangkan kelas air memiliki luas terkecil dengan persentase 13,53%, didominasi pada Surabaya bagian Timur dan Surabaya bagian Barat.

4.1.2 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2014



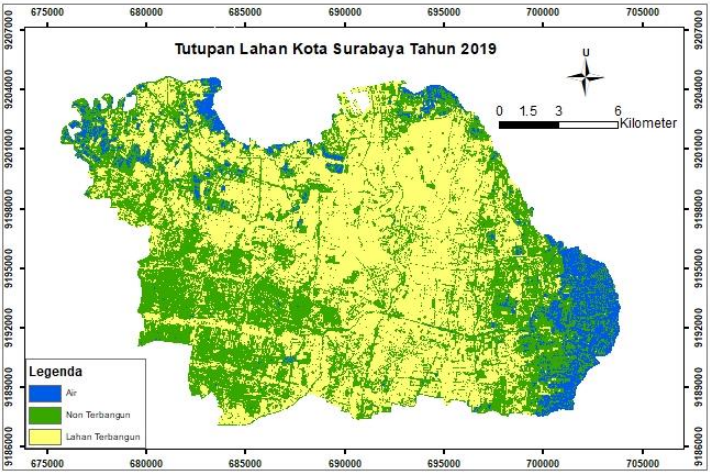
Gambar 4.2 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tanggal 29 Juni 2014

Tabel 4.4 Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2014

Tutupan Lahan	Luas (km²)	Persentase (%)
Air	30,99	9,38
Non Terbangun	146,21	44,28
Lahan Terbangun	153,00	46,34
Total	330,20	100

Pada tabel 4.4 dapat diketahui kelas tutupan lahan terluas pada tahun 2014 adalah lahan terbangun dengan persentase 46,34%, sedangkan kelas air memiliki luas terkecil dengan persentase 9,38%.

4.1.3 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2019



Gambar 4.3 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tanggal 11 Juni 2019

Tabel 4.5 Luas Kelas Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2019

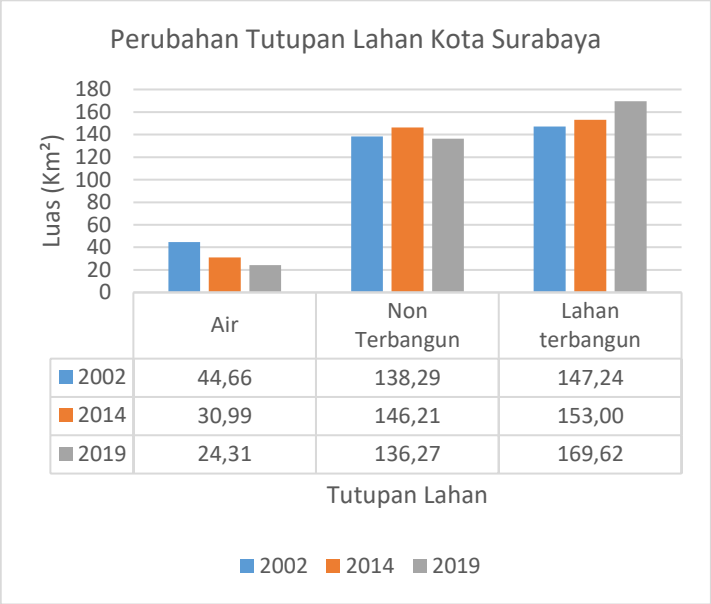
Tutupan Lahan	Luas (km²)	Persentase (%)
Air	24,31	7,36
Non Terbangun	136,27	41,26
Lahan Terbangun	169,62	51,36
Total	330,20	100

Pada tabel 4.5 dapat diketahui kelas tutupan lahan terluas pada tahun 2019 adalah lahan terbangun dengan persentase 51,36%, sedangkan kelas air memiliki luas terkecil dengan persentase 7,36%.

4.1.4 Analisis Keseluruhan Tutupan Lahan

Kota Surabaya berada di antara 7,1917° LS - 7,3569° LS dan 112,8510° BT - 112,5921° BT memiliki luas sebesar 326,81 km^2. Perbedaan luas terjadi pada data luas tutupan lahan dengan data resmi Pemerintah Kota Surabaya. Luas

total Kota Surabaya pada hasil data tutupan lahan pada penelitian ini yakni sebesar 330,20 km^2. Perbedaan ini bisa terjadi karena berbagai hal, salah satunya karena luas pada hasil tutupan lahan merupakan luas hasil konversi data raster ke data vektor. Perbedaan luas lahan juga dapat terjadi apabila metode penghitungan luas yang digunakan antara kedua data berbeda.



Gambar 4.4 Diagram Perubahan Tutupan Lahan Kota Surabaya

Kelas air mengalami penurunan luas pada tahun 2002 sampai tahun 2019 seperti pada gambar 4.4. Pada tahun 2002 kelas air memiliki luas 44,66 km^2 mengalami penurunan luas sampai 20,35 km^2 ke tahun 2019. Pada kelas non terbangun mengalami kenaikan luas pada tahun 2002 ke 2014 sebesar 7,92 km^2, tetapi mengalami penurunan luas pada tahun 2019 sebesar 9.94 km^2. Luas kelas lahan terbangun meningkat dari tahun 2002 sampai 2019, dari 147,24 km^2 pada tahun 2002 sampai 169,62 km^2 pada tahun 2019.

4.2 Hasil *Land Surface Temperature* (LST)

Suhu permukaan tanah (LST) dihasilkan dari pengolahan citra Landsat 8 TIRS kanal 10 menggunakan metode *Single Channel Algorithm* (SCA). Nilai emisivitas permukaan tanah yang dibutuhkan dalam perhitungan suhu permukaan tanah didapat dari NDVI sedangkan nilai parameter koreksi atmosfer didapat dari permodelan profil atmosfer seperti yang telah dijelaskan dalam sub-bab 3.3.2 mengenai metodologi penelitian. Hasil pengolahan LST nantinya memiliki satuan Kelvin (K) sehingga harus diubah terlebih dahulu menjadi Celcius (^{o}C), yang merupakan satuan suhu yang umum digunakan di Indonesia.

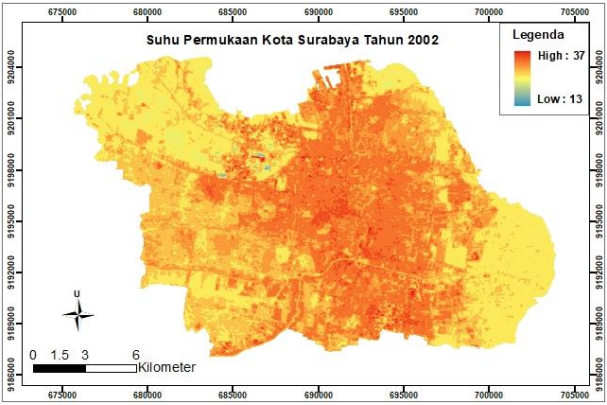
Setelah didapatkan suhu hasil pengolahan LST, dilakukan uji korelasi dengan suhu lapangan yang diperoleh dari data stasiun cuaca BMKG. Uji korelasi dilakukan dengan metode uji korelasi *Pearson Product Moment.* Berikut merupakan tabel perhitungan uji korelasi tersebut.

Tabel 4.6 Perhitungan Uji Korelasi LST dengan Data Stasiun Cuaca

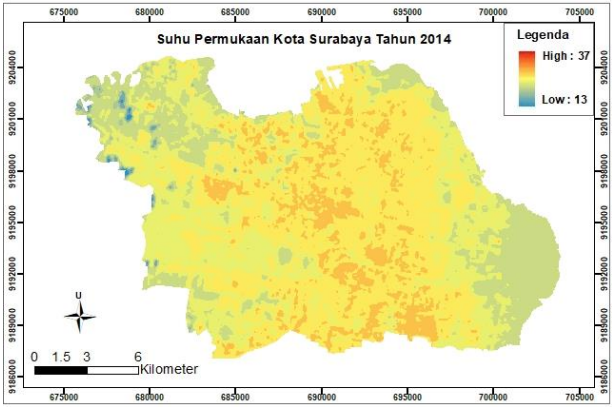
Tanggal	Nama Stasiun	Suhu Lapangan (°C)	LST (°C)	X^2	Y^2	XY
19 Mei 2002	Juanda	30,00	28,41	900,000	806,958	852,210
	Perak I	30,80	30,36	948,640	921,972	935,211
	Perak II	30,00	31,81	900,000	1012,003	954,360
29 Juni 2014	Juanda	28,80	28,21	829,440	795,748	812,419
	Perak I	29,80	28,24	888,040	797,554	841,582
	Perak II	30,10	28,33	906,010	802,589	852,733
11 Juni 2019	Juanda	29,60	27,74	876,160	769,674	821,193
	Perak I	30,60	28,98	936,360	839,956	886,849
	Perak II	29,80	28,07	888,040	787,869	836,456
Total (Σ)		269,50	260,16	8072,690	7534,323	7793,013
Rata-rata		29,94	28,91	892,613	843,785	867,101
R_{xy}		0,4490				

Hasil dari uji korelasi menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi variabel x dan y (R_{xy}) sebesar 0,449 yang mempunyai arti bahwa hubungan antara suhu yang diperoleh dari stasiun cuaca BMKG dengan suhu hasil pengolahan LST memiliki korelasi yang cukup. Hal ini dibuktikan dengan perubahan suhu pada tiap stasiun memiliki pola perubahan yang sama.

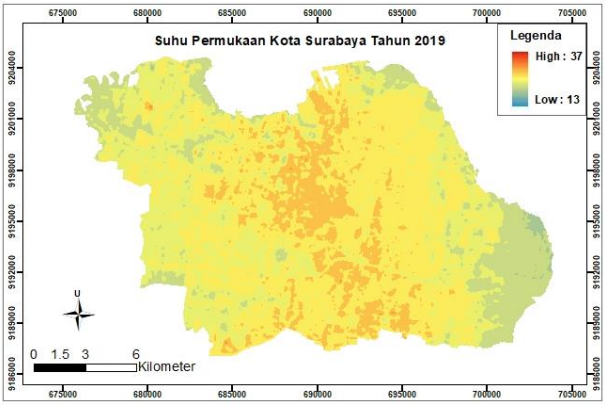
Pada Penelitian ini, LST Kota Surabaya diambil pada kisaran jam 2.30 GMT atau 9.30 WIB pada tanggal 19 Mei 2002, 29 Juni 2014, dan 11 Juni 2019.



Gambar 4.5 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tanggal 19 Mei 2002



Gambar 4.6 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tanggal 29 Juni 2014



Gambar 4.7 Suhu Permukaan Kota Surabaya Tanggal 11 Juni 2019

Tabel 4.7 Data Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2002, 2014, dan 2019

Data	Suhu (°C)			
	Min	Max	Mean	Standar Deviasi
Tahun 2002	13,77	36,99	29,08	2,433
Tahun 2014	17,68	31,21	26,88	1,824
Tahun 2019	21,14	31,91	27,10	1,715

Pada tabel 4.7 menunjukkan suhu tertinggi terdapat pada tahun 2002 dengan 36,99° C. hal ini salah satunya dikarenakan kurang adanya Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang akan dijelaskan pada sub bab 4.3.4. Suhu maksimum pada tahun 2014 mengalami penurunan dari tahun 2002 sebesar 5,78° C, sedangkan suhu maksimum pada tahun 2019 berada pada kisaran 31,91 ° C naik sebesar 0,70 ° C. Surabaya Pusat merupakan bagian dari Kota Surabaya yang pada tahun 2012, 2014, dan 2019 memiliki rata-rata suhu yang tinggi dibanding wilayah bagian Kota Surabaya yang lain.

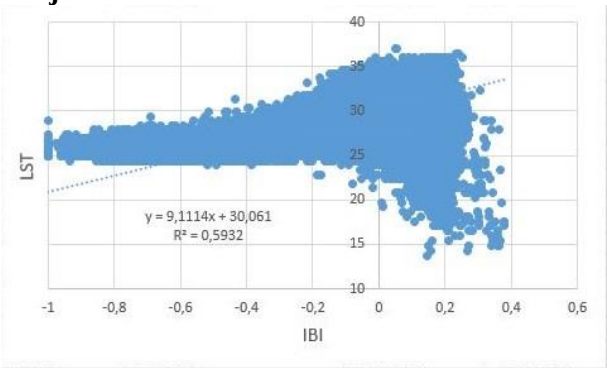
Pada tahun 2002 suhu minimum 13,77° C lebih rendah dari suhu minimum pada tahun 2019 dikarenakan data citra yang tertutup awan sehingga nilai suhu menjadi rendah seperti gambar

4.6 yang ditampilkan dengan warna biru. Begitu juga pada tahun 2014 suhu minimum mencapai 17,68 °C dikarenakan terdapat awan seperti pada gambar 4.7. Suhu rendah berada pada tahun 2002 dan 2014 wilayah Surabaya bagian Timur dan Surabaya Bagian Barat. Pada Surabaya Bagian Timur pada tahun 2002 sampai 2019 merupakan wilayah yang memiliki suhu rendah dikarenakan wilayah tersebut tidak padat bangunan dan merupakan wilayah laut.

4.3 Analisis Hasil

Untuk mengetahui hubungan antara IBI dan LST dilakukan uji korelasi menggunakan regresi linier sederhana. Titik sampel didapatkan dari hasil ekstraksi data sesuai dengan resolusi citra 30m x 30m dan menghasilkan 551.780 data. Data sampel tersebut kemudian dilakukan korelasi pada nilai LST dengan nilai IBI. Dari hasil ekstraksi akan mendapatkan data rata-rata baik berupa rata-rata suhu permukaan tanah maupun rata-rata IBI.

4.3.1 Uji Korelasi antara LST dan IBI Tahun 2002

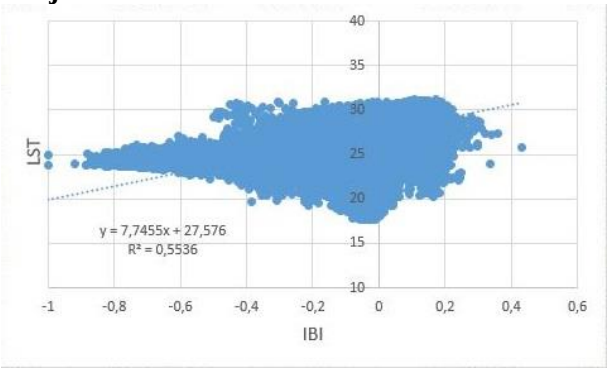


Gambar 4.8 Grafik Uji Korelasi antara LST dan IBI Kota Surabaya tahun 2002

Pada gambar 4.8 di atas dapat dilihat bahwa garis tren naik seiring dengan naiknya nilai IBI dengan persamaan y=9,1114x + 30,061 dengan nilai R2 sebesar 0,5932. Pada grafik bisa dilihat LST pada rentang 0 sampai 0,4 mengalami

penurunan karena data citra tertutup awan seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 4.2.

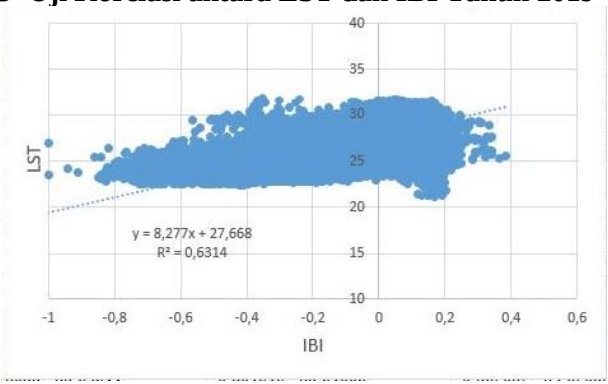
4.3.2 Uji Korelasi antara LST dan IBI Tahun 2014



Gambar 4.9 Grafik Uji Korelasi antara LST dan IBI Kota Surabaya tahun 2014

Pada gambar 4.9 di atas dapat dilihat bahwa garis tren naik seiring dengan naiknya nilai IBI dengan persamaan y=7,7455x + 27,576 dengan nilai R2 sebesar 0,5536. Sama seperti pada tahun 2002, LST pada gambar 4.9 sedikit menurun karena data citra yang tertutup awan.

4.3.3 Uji Korelasi antara LST dan IBI Tahun 2019

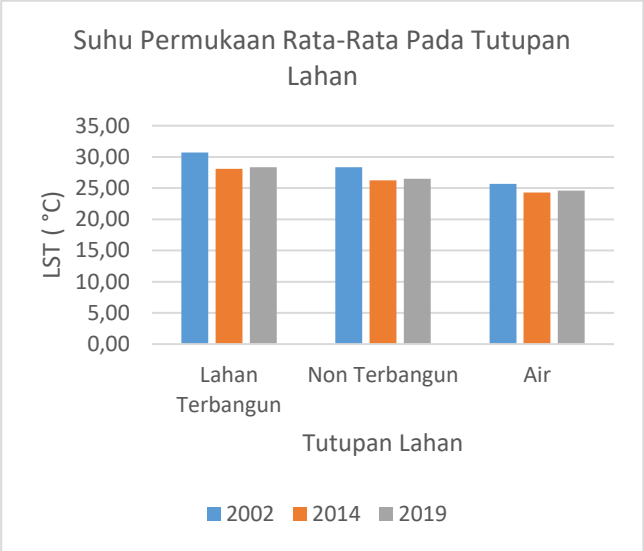


Gambar 4.10 Grafik Uji Korelasi antara LST dan IBI Kota Surabaya Tahun 2019

Pada gambar 4.10 di atas dapat dilihat bahwa garis tren naik seiring dengan naiknya nilai IBI dengan persamaan y=8,277x + 27,668 dengan nilai R^2 sebesar 0,6314.

4.3.4 Analisis Keseluruhan Lokasi Studi

Dari grafik diatas menunjukkan adanya korelasi positif (berbanding lurus) antara perubahan lahan terbangun dengan suhu permukaan, ditunjukkan oleh tanda positif (+) didepan koefisien refresi. Apabila lahan terbangun meningkat, maka suhu permukaan akan meningkat pula. Dari hasil uji tersebut diperoleh rata-rata nilai koefisien regresi (R^2) pada tahun 2002, 2014, dan 2019 sebesar 0,5927 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh variabel tutupan lahan terhadap suhu adalah sebesar 59%. Sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model. Dan dalam analisa ini didapat pula nilai signifikansi sebesar 0,4073.



Gambar 4.11 Diagram Suhu Permukaan Rata-Rata pada Kelas Tutupan Lahan

Tabel 4.8 Suhu Permukaan Rata-Rata pada Kelas Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	LST (°C)		
	2002	2014	2019
Lahan Terbangun	30,70	28,09	28,33
Non Terbangun	28,35	26,22	26,50
Air	25,69	24,30	24,61

Pada gambar 4.11 di atas, nilai rata-rata suhu permukaan paling rendah dicapai oleh kelas air. Dari nilai rata-rata tiap tutupan lahan, nilai LST menurun dari kelas lahan terbangun sampai kelas tutupan lahan air. Hal ini membuktikan bahwa semakin meningkatnya lahan terbangun berdampak pada peningkatan nilai suhu permukaan. Kelas lahan terbangun memiliki nilai suhu permukaan paling tinggi dengan nilai LST sebesar 30,70 °C pada tahun 2002, 28,09 °C pada tahun 2014, dan 28,33 °C pada tahun 2019.

Suhu permukaan tertinggi pada tahun 2002 yaitu kelas lahan terbangun sebesar 30,70 °C dikarenakan kurang adanya ruang terbuka hijau pada tahun 2002. Pembangunan ruang terbuka hijau dapat membantu menurunkan suhu. Dalam UU No. 26 Tahun 2007, bahwa perlunya penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau, yang proporsi luasannya ditetapkan paling sedikit 30 (tiga puluh) persen dari luas wilayah kota, 20 persen untuk RTH publik dan 10 persen untuk RTH privat. Pada tahun 2000 ruang terbuka hijau di Kota Surabaya 6.746,4 Ha atau 18% dari luas Kota Surabaya 33.048 Ha (Budiman *et al*, 2014) dan terjadi peningkatan luas ruang terbuka hijau menjadi 6.837,48 Ha atau 20,44% pada tahun 2014 (Puri, 2017), dan 7.290,53 Ha di tahun 2018 atau 21,79% (Pemkot Surabaya, 2019).

Jumlah ruang terbuka hijau di Kota Surabaya sudah memenuhi standar, tetapi suhu di Kota Surabaya semakin naik di setiap tahunnya dikarenakan berdampingan dengan

peningkatan bangunan perumahan atau industri. Luas wilayah industri pada tahun 2002 adalah 2.370,38 Ha dan terjadi peningkatan sampai pada pertengahan tahun 2017 adalah 2.506,40 Ha (Pemkot Surabaya, 2019). Dengan meningkatnnya luasan wilayah perindustrian di Kota Surabaya akan menambah jumlah gas buang yang dikeluarkan oleh sektor industri. Selain itu, pengaruh gas buang dari transportasi juga bisa menyebabkan suhu di Kota Surabaya naik. Kota Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Jawa Timur menunjukkan tingkat pertumbuhan kendaraan bermotor yang cukup tinggi hingga mencapai 5% per tahun. Disamping itu, sektor transportasi menyumbang 5,48 juta ton per tahun emisi karbon atau sekitar 96% dari total emisi udara di Kota Surabaya. Sementara, dalam Rencana Aksi Daerah (RAD) Jawa Timur menetapkan target penurunan emisi sebesar 5,22% atau setara dengan 6,2 juta ton CO^2 pada tahun 2020 di bidang energi dan transportasi (Handayani dan Santoso, 2014).

Selain itu, Perbedaan suhu permukaan pada tahun 2002 dengan tahun 2014 dan 2019 dipengaruhi oleh fenomena *El-Nino* lemah (tahun kering) yang terjadi di Pulau Jawa pada tahun 2002. Fenomena El Nino lemah tahun 2002 direspon dengan bulan kering dari rentang 0,5 sampai -1 untuk SPI 3, SPI 6, dan SPI 12. Fenomena ini memiliki siklus setiap 5 tahun sekali dengan rata-rata kejadian kekeringan tingkat tinggi selama 5 bulan dalam setahun. Kejadian ini juga terjadi pada tahun 1997 dan tahun 2015 (Narulita *et al*, 2019).

4.3.5 Analisis Wilayah dengan Perubahan Tutupan Lahan Terbesar

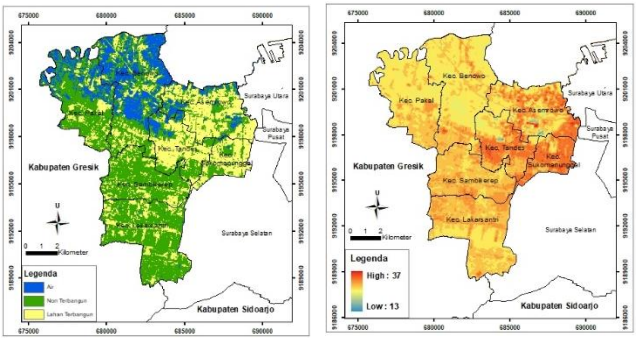
Urbanisasi menjadi salah satu penyebab pesatnya perubahan tutupan lahan pada wilayah Kota Surabaya bagian barat. Rencana pembangunan oleh Pemerintah Kota Surabaya dilakukan seiring dengan pertumbuhan penduduk

yang semakin berkembang. Terdapat beberapa Peraturan Daerah (Perda) Kota Surabaya yang membahas tentang perencanaan pembangunan di Kota Surabaya Bagian Barat salah satunya Peraturan Daerah Kota Surabaya No.12 Tahun 2014 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah. Berikut merupakan tabel jumlah penduduk per kecamatan pada wilayah Kota Surabaya Bagian Barat.

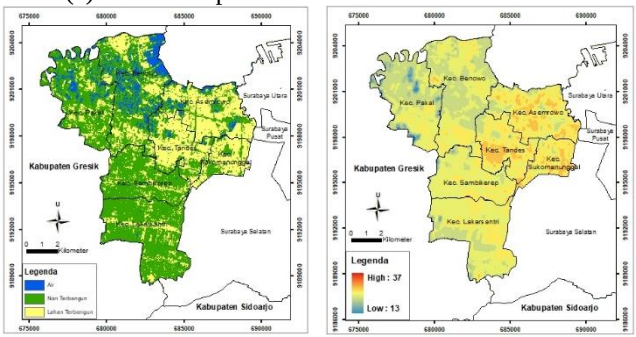
Tabel 4.9 Jumlah Penduduk pada Kota Surabaya Barat (BPS Kota Surabaya)

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk		
		2002	2014	2020
1	Tandas	86.427	89.469	96.590
2	Asem Rowo	31.479	42.973	49.808
3	Suko Manunggal	85.879	97.909	108.264
4	Benowo	25.214	55.754	68.351
5	Pakal	29.651	48.484	58.599
6	Lakarsantri	26.407	53.472	61.907
7	Sambikerep	40.658	58.566	66.833
Total		325.715	446.627	510.352

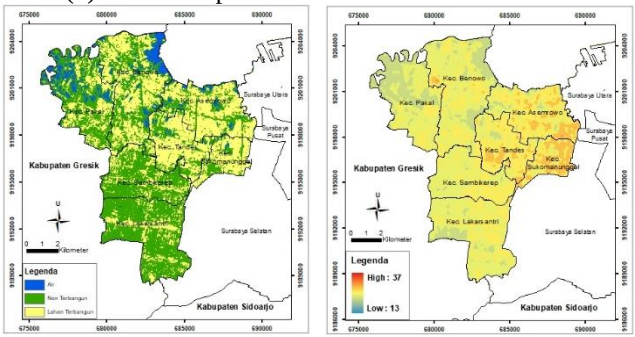
Pada tabel 4.9 diatas, penambahan jumlah penduduk dari tahun 2002 ke 2014 sampai pada 2019 menunjukkan adanya urbanisasi pada wilayah tersebut. Hal ini akan menyebabkan peningkatan pada lahan terbangun. Berikut merupakan peta tutupan lahan dan LST pada Kota Surabaya bagian barat.



(a) Peta Tutupan Lahan dan LST Tahun 2002



(b) Peta Tutupan Lahan dan LST Tahun 2014



(c) Peta Tutupan Lahan LST Tahun 2019

Gambar 4.12 Peta Tutupan Lahan dan LST Kota Surabaya Bagian Barat

Perubahan tutupan lahan terjadi secara signifikan pada wilayah Surabaya bagian Barat. Pada gambar 4.12 menunjukkan luas kelas air semakin menurun pada tahun 2002 sampai tahun 2019. Berikut merupakan tabel luas tutupan lahan dan suhu permukaan rata-rata Kota Surabaya bagian barat.

Tabel 4.10 Luas Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan Rata-Rata Kota Surabaya Barat

Tutupan Lahan	Luas (km²)			LST (°C)		
	Tahun					
	2002	2014	2019	2002	2014	2019
Lahan Terbangun	36,01	38,73	50,00	30,43	27,89	28,17
Non Terbangun	59,44	65,60	56,54	28,10	26,12	26,20
Air	17,73	8,85	6,64	25,40	23,90	24,43
Total	113,18	113,18	113,18			

Terjadi perubahan tutupan lahan pada kelas air menjadi kelas non terbangun dan kelas lahan terbangun. Hal ini ditunjukkan dengan tabel 4.10 bahwa perubahan tutupan lahan kelas air pada tahun 2002 ke tahun 2014 berpindah ke kelas non terbangun 6,17 km^2 dan ke kelas lahan terbangun 2,71 km^2. Kelas lahan terbnagun selalu mengalami peningkatan sampai pada tahun 2019 memiliki luas sebesar 50 km^2. Kelas non terbangun (vegetasi dan lahan kosong) terjadi peningkatan pada tahun 2014 dikarenakan Pemerintah Kota Surabaya menggencarkan penambahan Ruang Terbuka Hijau di Kota Surabaya agar dapat mencapai target sesuai dengan peraturan UU No 26 Tahun 2007 atau Peraturan Menteri (Permen) PU Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di kawasan perkotaan. Kecamatan Benowo memiliki perubahan tutupan lahan yang paling signifikan dari

perubahan kelas air ke kelas non terbangun dan kelas lahan terbangun.

Kecamatan Asemrowo, Tandes, dan Sukomanunggal menjadi kecamatan di Kota Surabaya bagian barat yang memiliki suhu permukaan paling tinggi daripada kecamatan yang lain. Pada tahun 2014 ke tahun 2019, kecamatan Benowo memiliki suhu permukaan yang berubah sejalan dengan perubahan tutupan lahan dari kelas non terbangun menjadi kelas lahan terbangun. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan lahan terbangun meningkatkan suhu permukaan tanah.

Urban Heat Island (UHI) merupakan kondisi dimana suhu di wilayah perkotaan jauh lebih hangat daripada wilayah-wilayah di sekitarnya. Perubahan suhu permukaan jika ditinjau secara spektral bahwa ketiga citra memiliki warna pola yang sama, yaitu suhu rendah pada daerah pinggiran Kota Surabaya dan suhu tinggi di pusat Kota Surabaya. Perubahan suhu di daerah Kota Surabaya disebabkan oleh benda yang memiliki albedo rendah. Tingkat suatu benda apakah memantulkan atau menyerap energi disebut albedo. Perkotaan memiliki banyak jalan-jalan yang dilapisi aspal. Atap bangunan berwarna gelap. Warna hitam dari aspal dan benda-benda lain di kota membuat perkotaan semakin menyerap energi yang memberikan efek kenaikan suhu di kota. Pada tabel 4.10 di Kota Surabaya bagian barat terbukti bahwa terjadi peningkatan lahan terbangun dari 2002 sampai ke 2019. Beberapa upaya yang dilakukan untuk mengurangi tingginya tingkat *Urban Heat Island* ini adalah dengan memperbanyak ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan untuk membantu menurunkan suhu udara dan mengganti atap seng dengan atap yang memiliki nilai refleksivitas radiasi matahari tinggi atau dengan melakukan penghijauan atap.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Tutupan lahan dibuat dengan menggunakan *Index-Based Built-Up Index* dengan menggunakan *indexs spektral* NDVI, NDBI, dan MNDWI. Ambang batas ditentukan menggunakan Otsu Thresholding. Uji akurasi yang dilakukan di Kota Surabaya pada tahun 2019 berhasil mendapatkan nilai *Kappa Accuracy* sebesar 85,70%. Kelas air mengalami penurunan luas dari tahun 2002 sampai dengan 2019 sebesar 20,35 km^2. Kelas *non* terbangun mengalami kenaikan luas dari tahun 2002 ke 2014 dan mengalami penurunan luas dari tahun 2014 ke 2019. Kelas lahan terbangun mengalami kenaikan luas dari tahun 2002 sampai dengan 2019 sebesar 22,38 km^2.
2. Perhitungan suhu permukaan menggunakan metode *Single Channel Algorthm* berhasil dilakukan dengan nilai suhu rata-rata Kota Surabaya tahun 2002 sebesar 29,08 °C, tahun 2014 sebesar 26,88 °C, dan tahun 2019 sebesar 27,10 °C. Wilayah Kota Surabaya bagian pusat merupakan wilayah dengan suhu rata-rata tertinggi dibandingkan dengan wilayah Kota Surabaya yang lain.
3. Nilai korelasi antara LST dan IBI menunjukkan adanya korelasi positif antara perubahan lahan terbangun dengan suhu permukaan. Dari hasil uji tersebut diperoleh rata-rata nilai koefisien regresi (R^2) pada tahun 2002, 2014, dan 2019 sebesar 0,5927 yang berarti memiliki korelasi yang cukup. Dari nilai rata-rata tiap tutupan lahan, nilai LST menurun dari kelas lahan terbangun sampai kelas tutupan lahan air. RTH pada tahun 2002 sampai tahun 2019 mengalami

peningkatan sejalan dengan peningkatan pemukiman, wilayah industri, dan transportasi. Peningkatan ini dapat menyebabkan suhu naik. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan lahan terbangun akan meningkatkan suhu permukaan tanah. Kecuali pada tahun 2002, suhu permukaan lebih tinggi dikarenakan pada tahun 2002 terjadi fenomena El-Nino lemah, selain itu RTH pada tahun 2002 belum memenuhi peraturan UU No. 26 Tahun 2007.

5.2 Saran

1. *Index-Based Built-Up Index* (IBI) baik digunakan untuk ektraksi daerah *Urban City*. Namun untuk daerah dengan kondisi yang berbeda tidak disarankan untuk menggunakan IBI. Berbagai macam *spectral index* untuk ekstraksi tutupan lahan sudah tersedia untuk berbagai kondisi.
2. Untuk menghasilkan nilai LST yang lebih baik disarankan perlu dilakukan uji akurasi dengan data suhu lapangan yang tersebar secara merata.

DAFTAR PUSTAKA

Atrianta, L., A. H. Sudibyakto, dan D. R. Hisbarn. 2017. *Pengaruh Intensitas Pemanfaatan Ruang Terhadap SUHI Di Perkotaan Yogyakarta*. Program Studi Ilmu Lingkungan UGM Yogyakarta.

Barsi, J. A., J. L. Barker, dan J. R. Schott. 2003. An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium.* Toulouse: IEEE. 3014-3016.

Barsi, J. A., J. R. Schott, F. D. Palluconi, dan S. J. Hook. 2005. Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *Proc. SPIE 5882, Earth Observing Systems X, 58820E.* San Diego: Earth Observing Systems X. 124-126.

BMKG. 2019. Data Iklim Harian. *http://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim*. 2 Februari 2020 (13:15).

Bouhennache, R., T. Bouden, A. T. Ahmed, dan A. Cheddad. 2018. A New Spectral Index for the Extraction of Built-Up Land Features from Landsat 8 Satellite imagery. *Geocarto International*. DOI: 10.1080/10106049.2018.1497094.

BPS. 2019. Tabel Dinamis Subjek Kependudukan. *https://jatim.bps.go.id/subject/12/kependudukan.html#subjekViewTab5*. 2 Februari 2020 (19:34).

BPS. 2018. "*Kota Surabaya dalam Angka"*. Laporan Tahunan Surabaya, Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.

Budiman, A., B. Slistyantara, dan A. F. M. Zain. 2014. Deteksi Perubahan Ruang Terbuka Hijau Pada 5 Kota Besar di Pulau Jawa (Studi Kasus: DKI Jakarta, Kota Bandung, Kota Semarang, Kota Jogjakarta, dan Kota Surabaya). *Jurnal Lanskap Indonesia*. 6(1), 7 – 15.

Church, V.A. 1983. *Manual of Remote Sensing*. American Society of Photogrametry, New York, USA.

Cristobal, J., C. J. M. Juan, A. Prakash, C. Mattar, D. Skokovic, dan J.A. Sobrino. 2018. An Improved Single-Channel Method to Retrieve Land Surface Temperature from the Landsat-8 Thermal Band. *Remote sensing article*. MDPI.

Dontree, S. 2010. *Relation of Land Surface Temperature (LST) and Land Use/Land Cover (LULC) from Remotely Sensed Data in Chiang Mai-Lamphun Basin*. Hanoi: Department of Geodesy, Faculty of Social Science, Chiang Mai University

Du, Z., W. Li, D. Zhou, L. Tian, F. Ling, dan H. Wang. 2014. Analysis of Landsat-8 OLI imagery for land surface water mapping. *Remote Sensing Letters*: 672-681.

Estoque, R. C., Y. Murayama, dan S. W. Myint. 2016. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Science of the Total Environment*: 50-61.

Fawzi, N. I. 2017. *Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus di Kota Yogyakarta*. Program Konservasi, Yayasan Alam Sehat Lestari, Kalimantan Barat.

Gago, E.J., J. Roldan, S. Pacheco-Torres, dan J. Ordonez. 2013. The City and Urban Heat Island: A Review of Strategies to Mitigate Adverse Effects. *Renewable and Sustainable Energy*, 25, 749-758.

Handayani K. D. M. E., dan E. B. Santoso. 2014. Pengaruh Urban Compactness terhadap Tingkat Emisi Karbon pada Sektor Transportasi di Kota Surabaya. *Laporan Akhir Penelitian Pemula*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. ITS. Surabaya.

Hardiyanti S. P., dan S. Tjaturahono. 2008. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Semarang. Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Jurusan Geografi UNS.

Hardiyanti S. P. 2011. *Interpretasi Citra Digital*. PT Grasindo Press, Bandung.

Jaelani, L. M. 2013. Kalibrasi Radiometrik: Mengubah Digital Number (DN) ke Radiance dan/atau Reflectance. *http://lmjaelani.com/2013/12/kalibrasi-*

radiometrikmengubah- digital-number-dn-ke-radiance-danatau-reflectance. 21 Januari 2020 (21:21).

Jaelani, L. M. 2016. Teori Dasar Koreksi Atmosfer. *http://lmjaelani.com/2016/04/slide-teori-dasarkoreksi-atmosfer/.* 21 Januari 2020 (21:30).

Jensen, J.R. 1986. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. New Jersey: Prentice Hall. 276 p.

Ji, L., L. Zhang, dan B. Wylie. 2009. Analysis of Dynamic Thresholds for the Normalized Difference Water Index. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*: 1307–1317.

Jimenez-Munoz, J. C., J Cristobal, J. A. Sobrino, G. Soria, M. Ninyerola, dan X. Pons. 2009. Revision of the Single-Channel Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval From Landsat Thermal-Infrared Data. *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*: 339-349.

Kawamura, M., S. Jayamana, dan Y. Tsujiko. 1996. Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Langka and the Urban Index estimated by satellite remote sensing data. *The International Archives of Photogrametry and Remote Sensing,* 31(B7): 321-326.

Konecny, G. 2003. *Geoinformation: Remote sensing, photogrammetry and geographic information systems.* London: Taylor & Francis.

Kristianingsih, L., A. P. Wijaya, dan A. Sukmono. 2016. Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer Terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-a Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal Geodesi Undip*, *5*(4), pp.56- 64.

Li, W., dkk. 2013. A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from TM, ETM+ and ALI. *Remote Sensing*: 5530-5549.

Lima A. E. dan A. Lopes. 2017. The Urban Heat Island Effect and the Role of Vegetation to Address the Negative Impacts of Local Climate Changes in a Small Brazilian City.

Atmosphere, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 8(2), 18.

Liu, J.G. dan P. J. Mason. 2009. Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing, Image (Rochester, N.Y.). *https://doi.org/10.1002/9781118687963.* 6 Januari 2020 (09:12).

Liu B, X. Chen, C. Ma, D. Zhang, X. Zhou, dan Y. He. 2010. Research on threshold segmentation in tracking technology of moving objects. *Proceedings of the IEEE 2nd International Conference on Industrial Mechatronics and Automation (ICIMA)*. May 30–31. Wuhan, China.

Ma, Y., Y. Kuang, dan N. Huang. 2010. Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM+ imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Elsevier, 12(2)*, 110–118.

Madlener, R. dan Y. Sunak. 2011. Impact of Urbanization on Urban Structure and Energy Demand. What Can We Learn for Urban Planning and Urbanization Management?. *Sustainable Cities and Society*. 1, 45-53

Masberry dan B. M. Sukojo. 2004. *Penerapan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Analisis Kawasan Resapan Air Tanah (Studi Kasus Gunung Bromo)*. Program Pasca Sarjana Penginderaan Jauh ITS. Surabaya.

Mather, P. M. 1987. *Computer processing of remotely-sensed images — An introduction.* Chichester: Wiley & Sons.

Muzaky, H. 2019. Analisis Pengaruh Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan: Kajian Urban Heat Island (UHI) di Lima Kota Besar di Indonesia. *Skripsi*. Departemen Teknik Geomatika, ITS. Surabaya.

Narulita, I., R. Rahayu, E. Kusratmoko, Supriatna, dan M. R. Djuwansah. 2019. Ancaman Kekeringan Meteorologis di Pulau Kecil Tropis akibat Pengaruh El-Nino dan Indian Ocean Dipole (IOD) Positif, studi kasus: Pulau Bintan. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 10(3): 127-138.

Otsu N. 1979. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Trans Syst Man Cybern*, 9(1):62–66.

Parangtritis Geomarine Science Park. 2016. Perkembangan Landsat. *https://pgsp.big.go.id/perkembangan-landsat/*. 2 Februari 2020 (15:54).

Pemkot Surabaya. 2019. *Peraturan Walikota Surabaya Nomor 27 Tahun 2018*. Rencana Kerja Pemerintah Daerah Kota Surabaya Tahun 2019. Surabaya.

Pemkot Surabaya. 2019. Turunkan Suhu hingga 2 Derajat, Begini Cara Wali Kota Risma Perangi Polusi di Surabaya. *https://surabaya.go.id/id/berita/51526/turunkan-suhu-hingga-2-derajat*. 7 Juli 2020 (17:30).

Peraturan Menteri PU. 2008. *Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan*. 26 Mei 2008. Jakarta

Prilandita, N. 2009. Perceptions and Responses To Warming In An Urban Environment: A Case Study of Bandung City, Indonesia. *Journal Infrastructure and Built Environment* V(1): 51-58.

Puri, H. S., 2017. Perbandingan Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau Kota Semarang Dan Kota Surabaya Tahun 2010- 2015. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jpgs/article/download/15959/15419. 7 Juli 2020 (17.40).

Ray, T.W. 2006. Vegetation in remote sensing FAQs. *In ER Mapper Applications*, pp. 85-97 (Perth, Australia: ER Mapper Ltd.).

Ridd, M. K. 1995. Exploring a V-I-S (vegetation-impervious surface-soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International Journal of Remote Sensing*, 16, pp. 2165–2185.

Rizwan, A. M., dan Y. C. L. Dennis. 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Enviromental Science*: 120-128.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite–1 Syposium*. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.

Sari, V. D., M. Taufik, dan L. M. Jaelani. 2015. Perbandingan Pengaruh Koreksi Radiometrik Citra Landsat 8 Terhadap Indeks Vegetasi Pada Tanaman Padi. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah.* Surabaya: Departemen Teknik Infrastruktur Sipil. 13-20.

Schindelin, J., Rueden, C.T., and Hiner, M.C. et al.. 2015. *The ImageJ Ecosystem: An open Platform for Biomedical Image Analysis*. Molecular Reproduction and Development, PMID 26153368.

Schneider, C.A.; Rasband, W.S. and Eliceiri, K.W.. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 Years of Image Analysis. *Nature Methods*, 9(7), pp. 671-675, PMID 22930834.

Sobrino, J. A., J. C. Jimenez-Munoz, G. Soria, M. Romaguera, dan L. Guanter. 2008. Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*: 316-327.

Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Gajah Mada University Press, Edisi II, Yogjakarta.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 *Penataan Ruang*. 26 April 2007. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68. Jakarta.

Tursilowati, L. 2013. Urban Heat Island dan Kontribusinya pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan. *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global:* 89-96.

USGS. 2016. Landsat Missions: Landsat 8. *https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8*. 20 Januari 2020 (13:29)

USGS. 2016. Landsat 8 OLI and TIRS and their uses. *https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-oli-and-tirs-and-their-uses*. 20 Januari 2020 (13:40).

USGS. 2016. Landsat 8 Data User Handbook. *https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pd*. 20 Januari 2020 (13:34).

USGS. 2017. Landsat 7. *https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-7*. 2 Februari 2020 (20:05).

Walawender, J. P., M. Szymanowski, M. J. Hajto, dan A. Bokwa. 2014. Land Surface Temperature Patterns in the Urban Agglomeration of Krakow (Poland) Derived from Landsat-7/ETM+ Data. *Pure and Applied Geophysics*: 913-940.

Xu, H. 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*: 3025-3033.

Xu, H. 2008. A New Index for Delineating Built-up Land Features in Satellite Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29:14, 4269-4276.

Zha, Y., J. Gao, dan S. Ni. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 583–594.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

A. Tabel data untuk validasi citra

No	X	Y	Ground Truth	Lapangan
1	112,724511	-7,19957	3	Lahan Terbangun
2	112,743527	-7,200312	2	Air
3	112,654442	-7,201728	3	Lahan Terbangun
4	112,770421	-7,201565	2	Air
5	112,722085	-7,204462	3	Lahan Terbangun
6	112,733508	-7,208488	3	Lahan Terbangun
7	112,724032	-7,21639	3	Lahan Terbangun
8	112,637117	-7,218066	2	Air
9	112,766956	-7,218667	3	Lahan Terbangun
10	112,721054	-7,219114	3	Lahan Terbangun
11	112,766152	-7,221383	3	Lahan Terbangun
12	112,719436	-7,222104	1	Non Terbangun
13	112,704773	-7,223515	3	Lahan Terbangun
14	112,774039	-7,224065	3	Lahan Terbangun
15	112,637148	-7,226747	2	Air
16	112,685771	-7,226841	2	Air
17	112,742542	-7,226899	3	Lahan Terbangun
18	112,775139	-7,227587	3	Lahan Terbangun

19	112,656984	-7,228303	3	Lahan Terbangun
20	112,638245	-7,229456	2	Air
21	112,759934	-7,229002	3	Lahan Terbangun
22	112,622773	-7,232766	1	Non Terbangun
23	112,740124	-7,233961	3	Lahan Terbangun
24	112,756694	-7,234168	3	Lahan Terbangun
25	112,778699	-7,234897	3	Lahan Terbangun
26	112,609746	-7,236068	3	Lahan Terbangun
27	112,754805	-7,237159	3	Lahan Terbangun
28	112,617088	-7,238212	3	Lahan Terbangun
29	112,63964	-7,239759	1	Non Terbangun
30	112,614106	-7,240121	1	Non Terbangun
31	112,750205	-7,241788	3	Lahan Terbangun
32	112,761886	-7,242014	1	Non Terbangun
33	112,634221	-7,243576	1	Non Terbangun
34	112,654602	-7,245672	1	Non Terbangun
35	112,776296	-7,245485	3	Lahan Terbangun
36	112,618478	-7,247159	1	Non Terbangun
37	112,72905	-7,250278	1	Non Terbangun
38	112,775772	-7,250369	3	Lahan Terbangun
39	112,798047	-7,250824	1	Non Terbangun
40	112,786099	-7,251685	3	Lahan Terbangun
41	112,699448	-7,252289	2	Air
42	112,660876	-7,252702	1	Non Terbangun
43	112,687506	-7,255046	1	Non Terbangun

44	112,740207	-7,255389	3	Lahan Terbangun
45	112,768737	-7,257449	3	Lahan Terbangun
46	112,682356	-7,258049	3	Lahan Terbangun
47	112,786398	-7,258736	1	Non Terbangun
48	112,72827	-7,259504	3	Lahan Terbangun
49	112,700295	-7,260694	1	Non Terbangun
50	112,705732	-7,261759	3	Lahan Terbangun
51	112,791847	-7,262783	3	Lahan Terbangun
52	112,658471	-7,263562	1	Non Terbangun
53	112,664455	-7,26571	3	Lahan Terbangun
54	112,698683	-7,265583	3	Lahan Terbangun
55	112,706563	-7,266096	3	Lahan Terbangun
56	112,729111	-7,266282	3	Lahan Terbangun
57	112,780181	-7,266356	3	Lahan Terbangun
58	112,66093	-7,267622	3	Lahan Terbangun
59	112,749222	-7,268646	1	Non Terbangun
60	112,695444	-7,27102	1	Non Terbangun
61	112,789708	-7,271472	1	Non Terbangun
62	112,728323	-7,273338	3	Lahan Terbangun
63	112,731039	-7,273327	3	Lahan Terbangun
64	112,775596	-7,274782	1	Non Terbangun
65	112,743001	-7,275723	3	Lahan Terbangun

66	112,788642	-7,27663	3	Lahan Terbangun
67	112,670749	-7,278165	1	Non Terbangun
68	112,680529	-7,278129	3	Lahan Terbangun
69	112,835102	-7,278614	2	Air
70	112,744102	-7,279245	3	Lahan Terbangun
71	112,762576	-7,279716	3	Lahan Terbangun
72	112,738953	-7,28252	3	Lahan Terbangun
73	112,680004	-7,283014	1	Non Terbangun
74	112,755257	-7,283813	3	Lahan Terbangun
75	112,73896	-7,284418	3	Lahan Terbangun
76	112,796823	-7,284463	3	Lahan Terbangun
77	112,780526	-7,28507	1	Non Terbangun
78	112,766684	-7,288108	3	Lahan Terbangun
79	112,817482	-7,287907	3	Lahan Terbangun
80	112,636562	-7,289954	1	Non Terbangun
81	112,708023	-7,292945	3	Lahan Terbangun
82	112,750402	-7,292783	3	Lahan Terbangun
83	112,677328	-7,293874	3	Lahan Terbangun
84	112,678958	-7,293868	1	Non Terbangun
85	112,62952	-7,295948	1	Non Terbangun
86	112,771335	-7,296499	3	Lahan Terbangun
87	112,842782	-7,296756	2	Air

88	112,722987	-7,298856	3	Lahan Terbangun
89	112,724618	-7,299121	3	Lahan Terbangun
90	112,697724	-7,299494	1	Non Terbangun
91	112,637637	-7,301391	1	Non Terbangun
92	112,733536	-7,302001	1	Non Terbangun
93	112,722187	-7,302657	3	Lahan Terbangun
94	112,725117	-7,302335	1	Non Terbangun
95	112,67003	-7,303938	1	Non Terbangun
96	112,746098	-7,30365	3	Lahan Terbangun
97	112,785762	-7,303766	1	Non Terbangun
98	112,842539	-7,303809	2	Air
99	112,710244	-7,305415	1	Non Terbangun
100	112,743933	-7,305828	3	Lahan Terbangun
101	112,702912	-7,306256	1	Non Terbangun
102	112,76431	-7,306291	1	Non Terbangun
103	112,809949	-7,306111	1	Non Terbangun
104	112,708352	-7,308134	1	Non Terbangun
105	112,81539	-7,307987	3	Lahan Terbangun
106	112,710257	-7,308941	3	Lahan Terbangun
107	112,680645	-7,309324	3	Lahan Terbangun
108	112,722484	-7,309437	3	Lahan Terbangun
109	112,670052	-7,309905	3	Lahan Terbangun
110	112,781988	-7,311376	3	Lahan Terbangun
111	112,787965	-7,311352	1	Non Terbangun

112	112,733906	-7,312377	3	Lahan Terbangun
113	112,761894	-7,313625	1	Non Terbangun
114	112,748044	-7,315035	1	Non Terbangun
115	112,816505	-7,315035	1	Non Terbangun
116	112,792065	-7,317574	3	Lahan Terbangun
117	112,655142	-7,318912	1	Non Terbangun
118	112,712468	-7,318698	3	Lahan Terbangun
119	112,698613	-7,319022	1	Non Terbangun
120	112,789897	-7,318939	1	Non Terbangun
121	112,719263	-7,319486	1	Non Terbangun
122	112,827663	-7,319872	1	Non Terbangun
123	112,733669	-7,321329	1	Non Terbangun
124	112,659237	-7,324051	3	Lahan Terbangun
125	112,813555	-7,324541	2	Air
126	112,696191	-7,32527	3	Lahan Terbangun
127	112,662775	-7,325666	1	Non Terbangun
128	112,694841	-7,327445	1	Non Terbangun
129	112,746193	-7,328062	3	Lahan Terbangun
130	112,828511	-7,328006	2	Air
131	112,661429	-7,329197	1	Non Terbangun
132	112,691044	-7,329087	1	Non Terbangun
133	112,810042	-7,329166	1	Non Terbangun
134	112,666868	-7,330533	1	Non Terbangun
135	112,772556	-7,330671	3	Lahan Terbangun
136	112,72393	-7,332217	3	Lahan Terbangun
137	112,698939	-7,333397	3	Lahan Terbangun
138	112,688895	-7,335605	1	Non Terbangun

139	112,736713	-7,335694	3	Lahan Terbangun
140	112,824739	-7,335616	2	Air
141	112,79377	-7,336284	1	Non Terbangun
142	112,700102	-7,337333	1	Non Terbangun
143	112,665266	-7,338135	1	Non Terbangun
144	112,678315	-7,339985	3	Lahan Terbangun
145	112,749228	-7,339985	3	Lahan Terbangun
146	112,749814	-7,339009	3	Lahan Terbangun
147	112,806012	-7,340303	1	Non Terbangun
148	112,691632	-7,34102	3	Lahan Terbangun
149	112,726419	-7,3436	3	Lahan Terbangun
150	112,785109	-7,344455	1	Non Terbangun

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Kediri, 20 April 1998, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Perwanida, MI Negeri Bandar Kidul, kemudian SMP Negeri 4 Kediri, dan SMA Negeri 7 Kediri. Setelah lulus dari SMA memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SBMPTN dan diterima di Teknik Geomatika – FTSPK, ITS pada tahun 2016 (pada waktu itu, Teknik Geomatika masih menjadi bagian dari FTSP) terdaftar dengan NRP 03311640000059. Penulis sejak SMA aktif di organisasi Pramuka dan termasuk dalam Tim Sepakbola Wanita untuk Kota Kediri. Prestasi yang pernah diraih adalah sebagai juara III Lomba Sepakbola Putri se Jawa Timur. Sedangkan di bangku kuliah aktif sebagai pengurus organisasi UKM Sepakbola ITS menjabat sebagai sekretaris. Prestasi yang pernah diraih saat di bangku kuliah yaitu juara III kompetisi Liga Mahasiswa Futsal Putri Region Jawa Timur. Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan yang diselenggarakan baik di tingkat departemen, fakultas, institute, maupun tingkat provinsi. Penulis juga pernah melaksanakan magang di BPN Kabupaten Kediri pada tahun 2018, dan kerja praktik di BAPPEKO Kota Surabaya pada tahun 2019. Terakhir, penulis memilih bidang kajian ilmu penginderaan jauh pada tugas akhirnya dengan judul Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan menggunakan Metode *Index-Based Built-Up Index* (IBI) terhadap Suhu Permukaan Tanah di Kota Surabaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”