

**ANALISIS FENOMENA PULAU BAHANG (*URBAN HEAT ISLAND*)
DI KOTA SEMARANG BERDASARKAN HUBUNGAN ANTARA
PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN SUHU PERMUKAAN
MENGUNAKAN CITRA MULTI TEMPORAL LANDSAT**

Almira Delarizka, Bandi Sasmito, Hani'ah^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp. (024)76480785, 76480788
Email : almiradela9@gmail.com

ABSTRAK

Kota Semarang merupakan ibukota provinsi Jawa Tengah dan menjadi kota terbesar kelima di Indonesia. Kota Semarang memiliki posisi strategis yaitu berada di tengah-tengah Pulau Jawa. Akibat letaknya yang strategis ini, semakin hari terjadi peningkatan urbanisasi yang cepat dan berlanjut di Kota Semarang. Seiring dengan peningkatan urbanisasi terjadi perubahan tutupan lahan, dari area bervegetasi menjadi daerah terbangun. Proses pembangunan yang diiringi dengan pertambahan jumlah penduduk akan mempengaruhi luasan lahan yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan sehari-hari serta mempengaruhi suhu yang memicu adanya fenomena pulau bahang (*urban heat island*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah karakteristik tutupan lahan dalam daerah perkotaan berhubungan dengan suhu permukaan yang lebih tinggi atau lebih rendah. Fenomena pulau bahang (*urban heat island*) kemudian dianalisis dengan menggunakan pendekatan data penginderaan jauh melalui beberapa ekstraksi yaitu pemanfaatan klasifikasi terbimbing (*supervised*), NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan LST (*Land Surface Temperature*). Pengolahan data dilakukan menggunakan citra satelit Landsat 7 Tahun 2006, Landsat 5 Tahun 2011, dan Landsat 8 Tahun 2016. Hasil pengolahan berupa distribusi suhu permukaan kemudian dikorelasikan dengan nilai indeks vegetasi dan perubahan tutupan lahan menggunakan uji regresi sederhana.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan dan indeks vegetasi memiliki korelasi dengan suhu permukaan. Hasil uji regresi sederhana antara perubahan luas lahan terbangun terhadap suhu permukaan menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 95%. Hasil uji regresi sederhana antara perubahan vegetasi terhadap suhu permukaan menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 81%. Suhu di daerah pusat kota dan daerah pinggiran kota Semarang memiliki selisih sebesar $\pm 1-2^\circ$ C. Fenomena pulau bahang (*urban heat island*) terjadi di Kota Semarang dibuktikan dengan suhu permukaan rata-rata yang turun dari daerah pusat kota ke pinggiran kota.

Kata Kunci : Penginderaan Jauh, Suhu Permukaan, Tutupan Lahan, *Urban Heat Island*.

ABSTRACT

Semarang City is the capital of Central Java province and become the fifth largest city in Indonesia. Semarang City has a strategic position which was located in the middle of Java Island. Due to its strategic location, urbanization improvements are fast and continuous in Semarang. As the urbanization are risen, it also have transition on land cover from vegetation area to built-up area. The development process which coincided with acretion of population would affect the land sizes which need to support daily activity and affect the temperature which produce urban heat island phenomenon.

This study aims to know whether land cover characteristic urban area are related with land surface temperature which is higher or lower. Urban heat island was analyzed using the approach of remote sensing data through multiple extractions, such as supervised classification, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and LST (Land Surface Temperature). Data processing are using Landsat 7 satellite image in 2006, Landsat 5 in 2011, and Landsat 8 in 2016. Processing result are in the form of surface temperature distribution correlated with vegetation index value and land cover changes using simple regression test.

The results show that land cover changes and vegetation index have correlation with surface temperature. The results of simple regression test between surface temperature with built up area changes obtained the value of the coefficient determination (R^2) of 95%. Simple regression test results between vegetation changes with land surface temperature obtained the value of the coefficient determination (R^2) of 81%. Temperature in the downtown area and the suburbs area in Semarang have a difference $\pm 1-2^\circ$ C. Urban heat island occurred in Semarang was evidenced by the average surface temperature which decreases from the downtown area to the suburbs.

Keywords: Land Cover, Land Surface Temperature, Remote Sensing, Urban Heat Island.

^{*)} Penulis, PenanggungJawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Pada beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan urbanisasi yang cepat dan berlanjut pada daerah-daerah di Indonesia terutama di kota-kota besar. Urbanisasi yang merupakan fenomena penduduk pedesaan yang berpindah ke daerah perkotaan ini akan berdampak pada penambahan penduduk, dan akan membawa beberapa perubahan, seperti perubahan penggunaan lahan menjadi lahan-lahan terbangun atau permukaan yang sulit berevaporasi. Hal tersebut akan membawa perubahan dalam suhu udara rata-rata di kota, dimana berkurangnya vegetasi yang tergantikan oleh lahan-lahan terbangun akan memicu kontrasnya radiansi permukaan dan suhu udara di daerah kota jika dibandingkan dengan daerah desa. Dalam kasus seperti ini, perbedaan suhu udara yang berbeda antara daerah kota dan desa disebut dengan efek *Urban Heat Island* (UHI).

Fenomena Pulau Bahang atau *Urban Heat Island* (UHI) merupakan isoterm tertutup yang menunjukkan daerah permukaan yang relatif hangat, yakni sebagai suhu yang lebih hangat di daerah perkotaan dibandingkan dengan lingkungan pedesaan disekitarnya. Urban Heat Island (UHI) bagaikan kubah raksasa yang memerangkapkan panas pada suatu kota. Dengan perkembangan masyarakat dan percepatan proses urbanisasi sebagai dampak dari pembangunan, *urban heat island* telah menjadi lebih signifikan dan telah memiliki dampak negatif pada kondisi kualitas udara, lingkungan hidup manusia, dan mempengaruhi penggunaan energi, hingga perubahan iklim di masa yang akan datang. Fenomena *Urban Heat Island* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah penggunaan lahan di perkotaan, vegetasi yang minim di wilayah perkotaan, serta suhu permukaan (Fawzi, 2013).

Kota Semarang yang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah tentunya menjadi pusat segala aktivitas masyarakat daerah tersebut, dimana seiring berjalannya waktu makin banyak pembangunan yang dilakukan. Proses pembangunan yang diiringi dengan penambahan jumlah penduduk akan mempengaruhi luasan lahan yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan sehari-hari serta mempengaruhi suhu yang memicu adanya fenomena pulau bahang (*urban heat island*). Studi tentang fenomena pulau bahang (*urban heat island*) penting untuk dilakukan karena fenomena ini sangat mempengaruhi kondisi kualitas udara, mempengaruhi kesehatan manusia, dan mempengaruhi penggunaan energi. Peningkatan *urban heat island* juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perubahan iklim global. Selain itu studi ini akan membantu dalam proses perencanaan penggunaan lahan dan wilayah distribusi spasial yang akan mempengaruhi pembentukan *urban heat island* di kota-kota besar seperti Kota Semarang.

I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tutupan lahan dan vegetasi berpengaruh terhadap UHI di Kota Semarang?
2. Bagaimana hubungan UHI dengan luasan tutupan lahan di Kota Semarang?
3. Bagaimana hubungan UHI dengan kerapatan vegetasi di Kota Semarang?
4. Bagaimana distribusi suhu permukaan di Kota Semarang berdasarkan perubahan tutupan lahan?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengkaji hubungan antara perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan di Kota Semarang.
2. Untuk mengetahui keberadaan pulau bahang, kisaran suhu, dan faktor yang berpengaruh terhadap keberadaan pulau bahang (*urban heat island*) di Kota Semarang.

I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 7 untuk tahun 2006, Landsat 5 untuk tahun 2011, dan Landsat 8 untuk tahun 2016.
2. Metode klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised*) yang dikorelasikan dengan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).
3. Algoritma yang digunakan untuk mengetahui nilai suhu permukaan adalah algoritma *Mono-window Brightness Temperature*

II. Tinjauan Pustaka

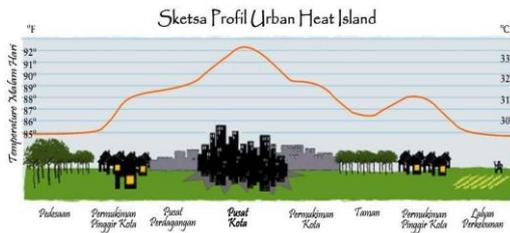
II.1 Fenomena Pulau Bahang (*Urban Heat Island*)

Peningkatan aktivitas manusia serta pesatnya pembangunan lahan terbangun menyebabkan terjadinya peningkatan suhu mikro di kawasan perkotaan yang disebut dengan *Urban Heat Island* (selanjutnya disebut UHI) atau pulau bahang. Fenomena pulau bahang (Iswari) dicirikan seperti “pulau” udara permukaan panas yang terpusat di wilayah kota terutama pada daerah pusat kota dan akan semakin turun temperaturnya di daerah sekelilingnya yakni pada daerah pinggir kota.

UHI terjadi karena terdapat dominasi material buatan yang menampung panas (*heat storage*) di wilayah kota. Dominasi material buatan tersebut menyebabkan terperangkap radiasi matahari sehingga suhu di sekitarnya semakin tinggi. Kenaikan temperatur pada wilayah kota juga dipicu oleh

pelepasan panas antropogenik dari aktivitas perkotaan seperti aktivitas industri dan transportasi (Aisha, 2013).

Beberapa faktor yang dapat memicu terjadinya UHI pada daerah perkotaan diantaranya berupa derajat panas bahan bangunan, tinggi dan jarak antar bangunan, serta tingkat polusi udara. (Hidayati, 2013).



Gambar II.1 Sketsa Profil Urban Heat Island (Cox, 2005)

Urban Heat Island terbentuk jika sebagian tumbuh-tumbuhan (vegetasi) digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan, dan struktur lain. Permukaan tanah yang tergantikan tersebut lebih banyak menyerap panas matahari dan juga lebih banyak memantulkannya, sehingga menyebabkan temperatur permukaan dan suhu lingkungan naik. Perubahan vegetasi menjadi lahan beton, aspal, maupun lahan terbuka akan menyebabkan peningkatan suhu diurnal, yang akhirnya juga akan mempengaruhi suhu klimatologinya (Khomarudin, 2004).

II.2 Tutupan Lahan

Lahan merupakan material dasar dari suatu lingkungan yang berkaitan dengan sejumlah karakteristik alami yaitu iklim, geologi, tanah, topografi, hidrologi, dan biologi. Penggunaan lahan berhubungan dengan kegiatan manusia pada sebidang lahan, sedangkan penutup lahan adalah perwujudan fisik obyek-obyek yang menutupi lahan. Klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan adalah upaya pengelompokkan berbagai jenis tutupan lahan atau penggunaan lahan kedalam suatu kesamaan sesuai dengan sistem tertentu. Klasifikasi tutupan lahan dan klasifikasi penggunaan lahan digunakan sebagai pedoman atau acuan dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh untuk tujuan pembuatan peta tutupan lahan maupun peta penggunaan lahan (Yollanda, 2011).

II.3 Klasifikasi Citra

Klasifikasi adalah teknik yang digunakan untuk menghilangkan informasi rinci dari data input untuk menampilkan pola-pola penting atau distribusi spasial untuk mempermudah interpretasi dan analisis citra sehingga dari citra tersebut diperoleh informasi yang bermanfaat (Abdullah, 2016).

Untuk pemetaan tutupan lahan, hasilnya bisa diperoleh dari proses klasifikasi multispektral citra satelit. Klasifikasi multispektral diawali dengan menentukan nilai piksel tiap objek sebagai sampel kemudian digunakan sebagai masukan dalam proses klasifikasi.

II.3.1 Metode Klasifikasi Terbimbing (Supervised)

Klasifikasi *supervised maximum likelihood* merupakan klasifikasi yang berpedoman pada nilai piksel yang sudah dikategori obyeknya atau dibuat dalam *training sampel* untuk masing-masing obyek penutup lahan. Pemilihan training sampel yang kurang baik dapat menghasilkan klasifikasi yang kurang optimal sehingga akurasi yang diperoleh rendah. Dengan demikian diperlukan analisis secara statistik atau uji akurasi dari training sampel tersebut. Uji akurasi atau uji ketelitian hasil klasifikasi penutup lahan pada penelitian ini menggunakan metode *confusion matrix* (Marini, 2014).

II.4 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan teknik yang dikembangkan untuk mengidentifikasi tingkat kehijauan daun pada tumbuhan dan paling umum digunakan untuk mencari nilai indeks vegetasi. Nilai indeks vegetasi ini dihitung sebagai rasio antara pantulan yang terukur dari *band* merah (R) dan *band* infra-merah (didekati oleh band NIR). Hasil penisbahan antara *band* merah dan infa-merah menghasilkan perbedaan yang maksimum antara vegetasi dan tanah. Nilai-nilai asli yang dihasilkan NDVI selalu berkisar antara -1 hingga +1 (Danoedoro, 2012). Perhitungan nilai indeks vegetasi menggunakan metode NDVI dapat dilihat pada rumus 2.1

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :
 NIR : *band near infrared*
 RED : *band red*

II.5 Land Surface Temperature (LST)

Temperatur 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. Temperature permukaan suatu wilayah dapat diidentifikasi dari citra satelit Landsat yang diekstrak dari band thermal. Metode perhitungan LST atau *brightness temperature* dilakukan dengan menggunakan rumus 2.2.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{CVR2}\right)+1} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

- T = Brightness Temperature satelit (K)
- K1 = Konstanta kalibrasi radian spektral
- K2 = Konstanta kalibrasi suhu absolut (K)
- CV_{R2} = Radiance Spektral

Data *surface brightness temperature* hasil ekstraksi dianggap sebagai ToA (*Top of Atmosphere brightness temperature*). Hal ini dikarenakan ekstraksi suhu didasarkan pada nilai radian yang diterima oleh sensor. Untuk mendapatkan nilai estimasi *brightness temperature* yang akurat dan sesuai dengan radian yang dipancarkan obyek, koreksi atmosfer perlu dilakukan. Koreksi dilakukan dengan menggunakan metode koreksi atmosfer menurut Coll et al, (1994) dengan rumus 2.3.

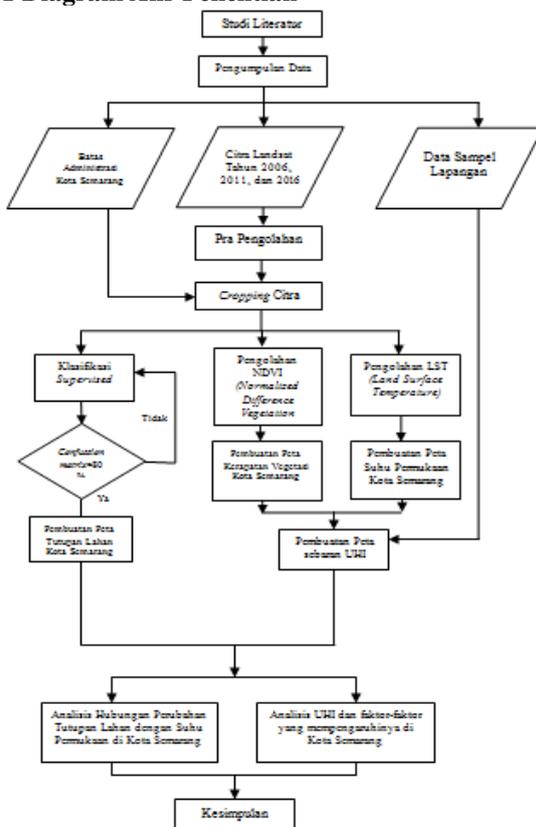
$$CV R2 = \frac{CVR1 - L\uparrow}{\epsilon T} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L\downarrow \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- CV R2 = Nilai koreksi atmosferik radiance
- CV R1 = Nilai Radiance dari section 1
- L \uparrow = Upwelling radiance
- L \downarrow = Downwelling radiance
- τ = Transmisi
- ϵ = Emisivitas (0,95)

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

III.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian akan dirincikan di bawah ini:

1. Peralatan Pengolahan Data
 - a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 1) *Laptop Compaq* (Intel Pentium ® Dual-Core CPU T4500 @2.30 GHz 2.30 GHz, RAM 1GB, OS *Windows 7 Ultimate* 32-bit)
 - 2) *Infrared Thermometer*
 - 3) Kamera
 - b. Perangkat Lunak (*Software*)
 - 1) *Frame and Fill* untuk menghilangkan *stripping* pada citra Landsat 7.
 - 2) *ENVI 4.8* untuk pengolahan citra.
 - 3) *ArcGis 10* untuk pengolahan SIG.
 - 4) *Microsoft Office 2007*.

2. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2006
- b. Citra Satelit Landsat 5 Tahun 2011
- c. Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2016
- d. Peta RBI Kota Semarang Skala 1:25.000
- e. SHP Batas Administrasi
- f. Data Sebaran Sampel Suhu Permukaan Kota Semarang

III.3 Pra Pengolahan Citra

III.3.1 *Gap and Fill*

Penelitian ini menggunakan citra Landsat 7 ETM+ yang mempunyai akuisisi data perekaman pada tanggal 29 Juni 2006, dimana pada tahun tersebut terjadi kerusakan pada bagian *Scan Line Correction* (SLC) yang berhenti berfungsi secara normal (*OFF*). Akibat dari tidak berfungsinya SLC tersebut adalah timbulnya garis – garis hitam yang tidak terekam oleh sensor satelit (*stripping*) yang meninggalkan *gap* yang besar. Salah satu cara untuk meminimiliasi *gap* tersebut adalah dengan mengisi *gap* citra landsat utama dengan citra landsat yang lain, yang memiliki bagian *gap* yang berbeda. Pengolahan citra yang mengalami *stripping* ini menggunakan *software Frame and Fill*.

III.4 Pengolahan Data

III.4.1 *Klasifikasi Tutupan Lahan (Supervised Classification)*

Klasifikasi terbimbing atau dikenal dengan *Supervised Classification* adalah pengolahan citra dengan cara pengambilan beberapa sampel piksel / *region of interest* untuk mendapatkan karakteristik piksel masing-masing obyek / kelas yang kemudian

dikelompokkan berdasarkan karakteristik nilai piksel tersebut (Utami, 2016).

Tahap klasifikasi pada penelitian ini menggunakan metode *maximum likelihood*. Ketelitian ditentukan oleh kualitas *sampling* dan jumlah sampel. Area sampel dibuat dengan menggunakan *Region Of Interest (ROI)*. ROI harus terlebih dahulu dibuat sebelum melakukan proses klasifikasi *supervised* ini.

III.4.2 Klasifikasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan algoritma untuk menduga indeks vegetasi dari citra satelit (Al Mukmin, 2016).

NDVI digunakan juga untuk mengetahui kerapatan vegetasi pada suatu wilayah tertentu. Pada citra Landsat 5 dan 7, pengolahan NDVI menggunakan kanal 3 dan kanal 4. Sedangkan pada citra Landsat 8 pengolahan NDVI menggunakan kanal 4 dan kanal 5.

III.4.3 Klasifikasi LST (*Land Surface Temperature*)

Dalam proses ekstraksi suhu permukaan digunakan kanal *thermal* pada masing-masing citra satelit Landsat. Untuk Landsat 5 dan Landsat 7, pengolahan suhu dilakukan dengan menggunakan *band* 6, sedangkan untuk Landsat 8 menggunakan *band* 10 (Al Mukmin, 2016).

Tahapan pengolahan *Land surface temperature* dibagi menjadi 4 tahapan yaitu:

1. Konversi *digital number* ke- *radiance*
2. Koreksi atmosferik citra *radiance*
3. Konversi *radiance* terkoreksi atmosferik ke *brightness temperature*
4. Konversi suhu permukaan dari satuan kelvin ke celsius

III.5 Pengambilan Sampel Suhu Permukaan

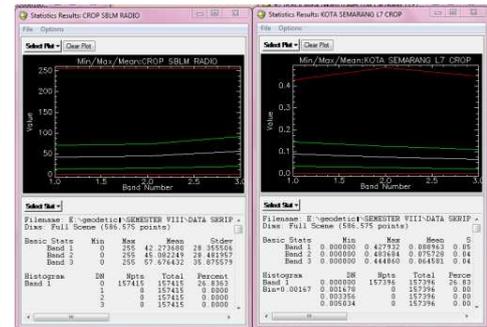
Untuk proses validasi hasil pengolahan *Land Surface Temperature* diperlukan pengambilan sampel suhu di lapangan. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *infrared thermometer* pada tiap-tiaputupan lahan yang ada. Pengambilan sampel ini disesuaikan dengan waktu perekaman citra Landsat.

IV. Hasil dan Pembahasan

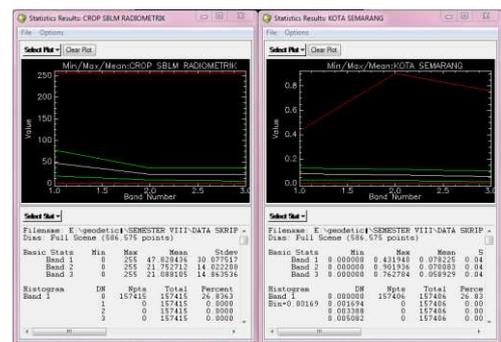
IV.1 Hasil Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan suatu tahapan merubah nilai piksel (*digital number*) menjadi nilai reflektan. Manfaat dari koreksi radiometrik adalah memperbaiki kualitas citra, dalam hal memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Sukendar, 2016).

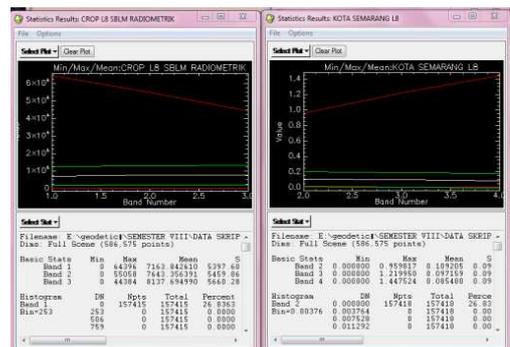
Berikut ini adalah statistik hasil koreksi radiometrik:



Gambar IV.1 Statistik citra Landsat tahun 2006 sebelum dan sesudah koreksi radiometrik



Gambar IV.2 Statistik citra Landsat tahun 2011 sebelum dan sesudah koreksi radiometrik



Gambar IV.3 Statistik citra Landsat tahun 2016 sebelum dan sesudah koreksi radiometrik

IV.2 Hasil Koreksi Geometrik

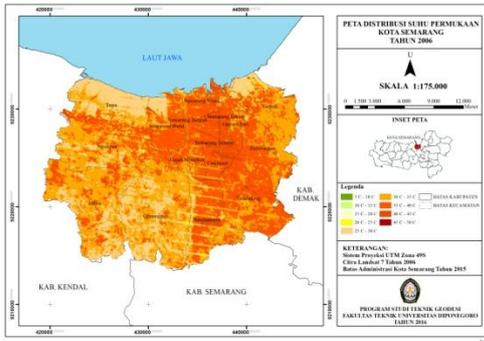
Koreksi geometrik dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan citra yang sesuai dengan proyeksi peta dengan cara membuat titik-titik GCP pada citra. Hasil koreksi geometrik yang telah dilakukan pada seluruh citra yang digunakan dalam penelitian menunjukkan nilai RMS citra lebih kecil dari satu piksel ($RMS < 1$ piksel) sehingga memenuhi syarat.

Tabel IV.1 Nilai RMSE Citra Landsat

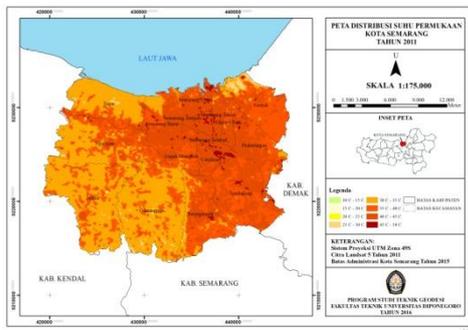
No	Tahun	Nilai Rata-rata RMSE
1	2006	0,316661
2	2011	0,130609
3	2016	0,191297

IV.3 Analisis Suhu Permukaan

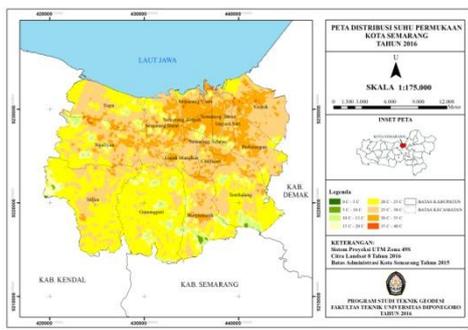
Dari hasil pengolahan *band thermal* pada masing-masing citra diperoleh distribusi suhu permukaan Kota Semarang pada tahun 2006, 2011, dan 2016. Berikut ini adalah hasil pengolahan *land surface temperature*:



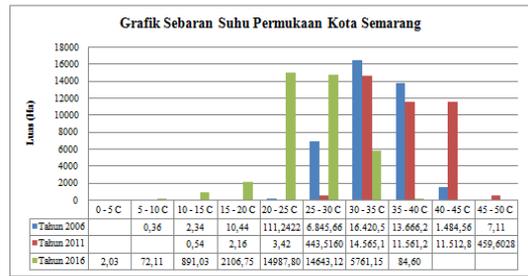
Gambar IV.4 Peta Distribusi Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2006



Gambar IV.5 Peta Distribusi Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2011



Gambar IV.6 Peta Distribusi Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2016

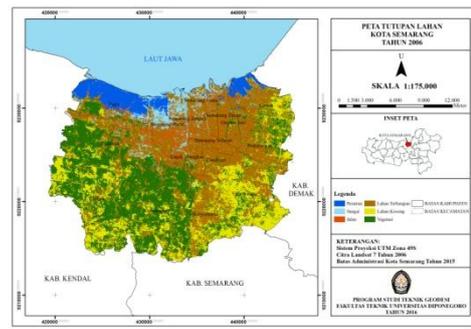


Gambar IV.7 Grafik Sebaran Suhu Permukaan Kota Semarang

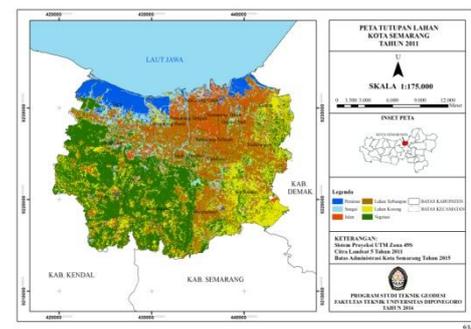
Dari gambar IV.7, dapat dilihat bahwa suhu yang mendominasi pada tahun 2006 adalah kisaran suhu 30° – 35° C. Untuk tahun 2011, suhu yang mendominasi masih pada kisaran suhu 30° – 35° C, dan untuk tahun 2016 suhu yang mendominasi agak menurun menjadi kisaran suhu 20° – 25° C. Suhu pada tahun 2016 menurun karena kualitas citra tidak terlalu baik sehingga mempengaruhi proses pengolahan *land surface temperature*.

IV.4 Analisis Tutupan Lahan

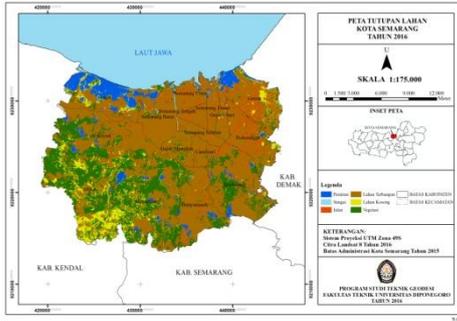
Hasil pengolahan citra satelit menggunakan klasifikasi *supervised* dengan metode *maximum likelihood* menghasilkan peta tutupan lahan yang terbagi menjadi 6 kelas, yaitu perairan (laut, tambak, dan lain-lain), sungai, jalan, lahan kosong (lahan terbuka), lahan terbangun, dan vegetasi. Berikut ini adalah peta hasil klasifikasi:



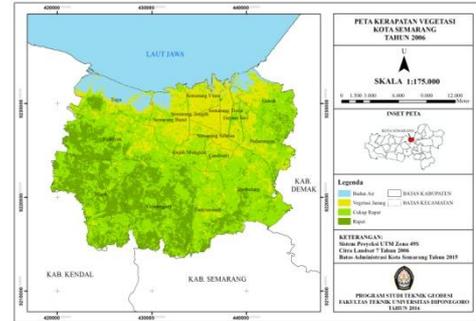
Gambar IV.8 Peta Tutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2006



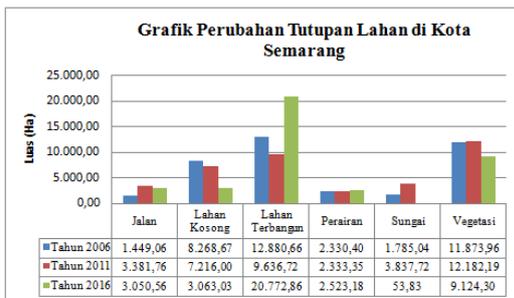
Gambar IV.9 Peta Tutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2011



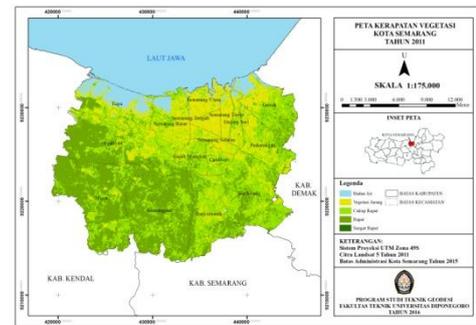
Gambar IV.10 Peta Tutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2016



Gambar IV.12 Peta Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Tahun 2006



Gambar IV.11 Grafik Perubahan Tutupan Lahan di Kota Semarang

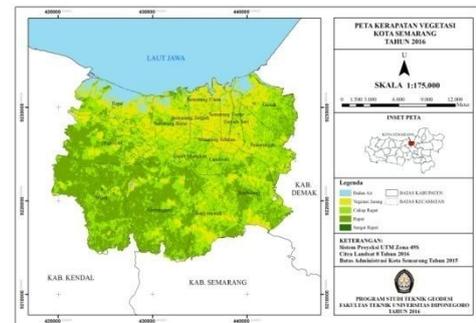


Gambar IV.13 Peta Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Tahun 2011

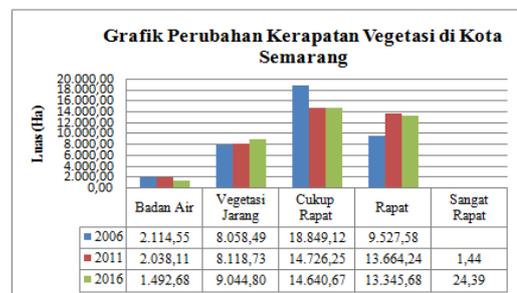
Dari gambar IV.11, dapat dilihat bahwa luas lahan kosong tiap tahunnya mengalami penurunan yang disebabkan oleh bertambahnya lahan terbangun yang ada di Kota Semarang. Lahan terbangun mengalami penurunan luasan pada tahun 2011 kemudian naik kembali pada tahun 2016. Secara keseluruhan Kota Semarang hampir seluruhnya didominasi oleh lahan terbangun.

IV.5 Analisis Kerapatan Vegetasi

Analisis kerapatan vegetasi menggunakan teknik NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dilakukan untuk mengetahui kondisi vegetasi di daerah tertentu. Kondisi vegetasi ini nantinya akan di korelasikan dengan hasil pengolahan klasifikasi tutupan lahan serta suhu permukaan di Kota Semarang. Hal ini dikarenakan hasil distribusi suhu permukaan yang dihasilkan dipengaruhi oleh faktor yang disebabkan oleh aktifitas manusia seperti: pemukiman, perkebunan, pertanian, industri, dan lain-lain. Berikut ini adalah peta hasil pengolahan NDVI:



Gambar IV.14 Peta Kerapatan Vegetasi Kota Semarang Tahun 2016

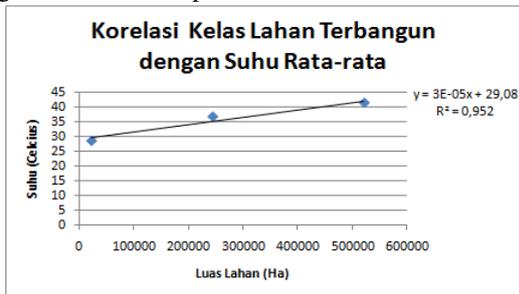


Gambar IV.15 Grafik Perubahan Kerapatan Vegetasi di Kota Semarang

Dari gambar IV.15 dapat dilihat bahwa Kota Semarang tiap tahunnya didominasi oleh vegetasi cukup rapat. Untuk vegetasi rapat dan vegetasi jarang sama-sama mengalami peningkatan tiap tahun.

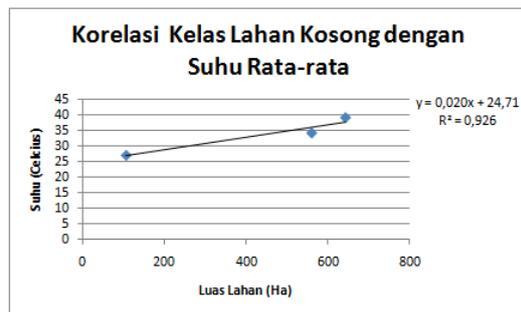
IV.6 Analisis Hubungan Perubahan Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan

Dari hasil pengolahan data sebelumnya kemudian dilakukan analisis korelasi antara perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Semarang. Analisis dilakukan menggunakan uji regresi sederhana seperti berikut ini:



Gambar IV.16 Hasil Regresi Linier antara Lahan Terbangun dengan Suhu Permukaan

Pada gambar IV.16, diperoleh persamaan $y = 3E-05x + 29,08$. Persamaan tersebut menunjukkan adanya korelasi positif (berbanding lurus) antara perubahan lahan terbangun dengan suhu permukaan. Korelasi tersebut ditunjukkan dengan adanya tanda positif (+) di depan koefisien regresi. Jadi, apabila luas lahan terbangun meningkat maka suhu permukaan akan meningkat juga. Dari hasil uji tersebut diperoleh nilai koefisien regresi (R^2) sebesar 0,952 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh variabel tutupan lahan terhadap suhu adalah sebesar 95%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model.



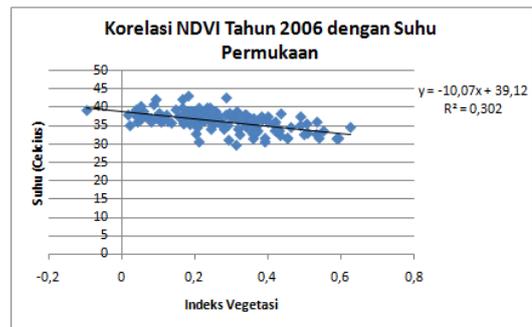
Gambar IV.17 Hasil Regresi Linier antara Lahan Kosong dengan Suhu Permukaan

Pada gambar IV.17, diperoleh persamaan $y = 0,020x + 24,71$. Persamaan tersebut menunjukkan adanya korelasi positif (berbanding lurus) antara perubahan lahan kosong dengan suhu permukaan. Korelasi tersebut ditunjukkan dengan adanya tanda positif (+) di depan koefisien regresi. Jadi, apabila luas lahan kosong meningkat maka suhu permukaan akan meningkat juga. Dari hasil uji tersebut diperoleh nilai koefisien regresi (R^2) sebesar 0,926 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh variabel

tutupan lahan terhadap suhu adalah sebesar 92%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model.

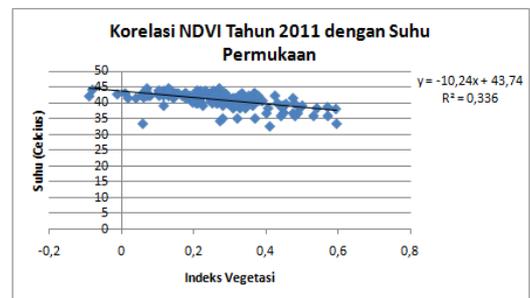
IV.7 Analisis Hubungan NDVI dengan Suhu Permukaan

Dari hasil pengolahan data sebelumnya kemudian dilakukan analisis korelasi antara nilai indeks vegetasi dengan suhu permukaan di Kota Semarang. Analisis dilakukan menggunakan uji regresi sederhana seperti berikut ini:



Gambar IV.18 Hasil Regresi Linier antara NDVI Tahun 2006 dengan Suhu Permukaan

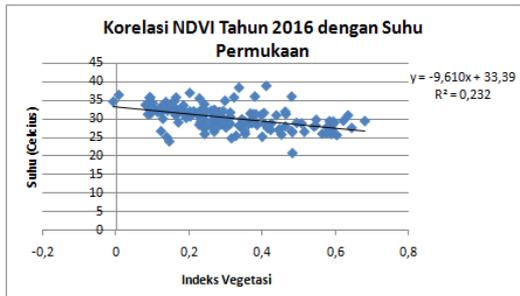
Pada gambar IV.30, diperoleh persamaan $y = -10,07x + 39,12$. Persamaan tersebut menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,302 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh indeks vegetasi terhadap suhu permukaan rata-rata sebesar 30,2%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model. Nilai koefisien regresi bernilai negatif yang berarti kedua parameter berbanding terbalik, dimana semakin tinggi kerapatan vegetasi maka suhu semakin rendah.



Gambar IV.19 Hasil Regresi Linier antara NDVI Tahun 2011 dengan Suhu Permukaan

Pada gambar IV.31, diperoleh persamaan $y = -10,24x + 43,74$. Persamaan tersebut menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,336 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh indeks vegetasi terhadap suhu permukaan rata-rata sebesar 33,6%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model. Nilai koefisien

regresi bernilai negatif yang berarti kedua parameter berbanding terbalik, dimana semakin tinggi kerapatan vegetasi maka suhu semakin rendah.



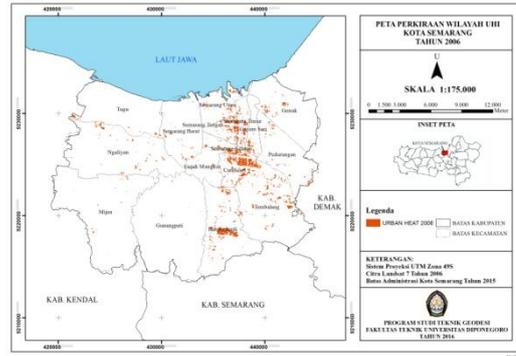
Gambar IV.20 Hasil Regresi Linier antara NDVI Tahun 2011 dengan Suhu Permukaan

Pada gambar IV.32, diperoleh persamaan $y = -9,610x + 33,39$. Persamaan tersebut menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,232 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh indeks vegetasi terhadap suhu permukaan rata-rata sebesar 23,2%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model. Nilai koefisien regresi bernilai negatif yang berarti kedua parameter berbanding terbalik, dimana semakin tinggi kerapatan vegetasi maka suhu semakin rendah.

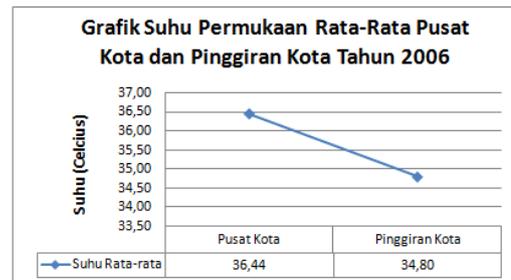
IV.8 Analisis Urban Heat Island di Kota Semarang

Berdasarkan kondisi topografinya Kota Semarang dibagi menjadi dua wilayah geografis, yaitu Semarang bagian atas (Kota Atas) meliputi daerah Mijen, Gunungpati, Ngaliyan, Tembalang, Banyumanik dan sekitarnya. Kemudian untuk semarang bagian bawah meliputi daerah pusat kota dan sekitarnya (Ridlo,2016).

Pada umumnya, *urban heat island* adalah keadaan yang dicirikan seperti “pulau” udara permukaan panas yang terpusat di wilayah kota terutama pada daerah pusat kota dan akan semakin turun temperaturnya di daerah sekelilingnya yakni pada daerah pinggir kota. Analisis *urban heat island* dilakukan tiap tahunnya berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data. Berikut ini adalah hasil analisisnya:

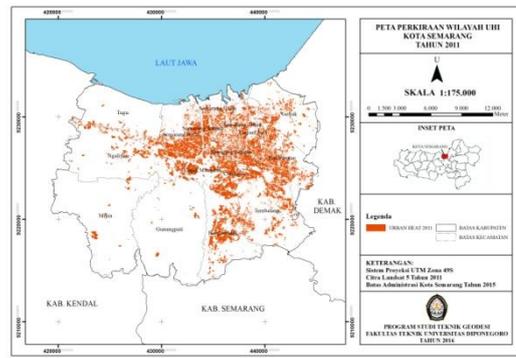


Gambar IV.21 Peta Perkiraan Wilayah Sebaran Urban Heat Island Tahun 2006

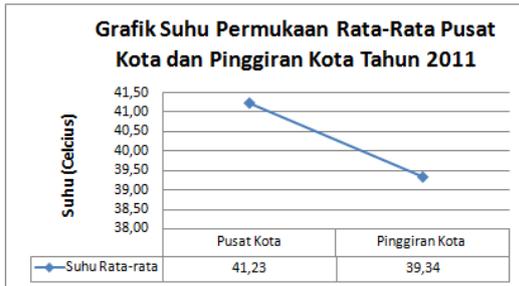


Gambar IV.22 Grafik Suhu Permukaan Rata-rata Pusat Kota dan Pinggiran Kota Semarang Tahun 2006

Pada gambar IV.22, grafik menunjukkan penurunan suhu dari daerah pusat kota ke daerah pinggiran kota. Suhu rata-rata di pusat kota pada tahun 2006 adalah 36,44° C, sedangkan suhu rata-rata di pinggiran kota adalah 34,80° C. Selisih suhu rata-rata di pusat kota dan daerah pinggiran kota sebesar 1,64° C. Pada gambar IV.21 dapat dilihat bahwa wilayah yang diperkirakan mengalami fenomena pulau bahang (*urban heat island*) terletak di Kecamatan Semarang Selatan, Semarang Tengah, dan sekitarnya. Hal ini disebabkan adanya kawasan simpanglima yang merupakan pusat bangunan-bangunan tinggi yang jarang terdapat vegetasi disekitarnya sehingga menyebabkan suhu permukaan yang tinggi di daerah tersebut.

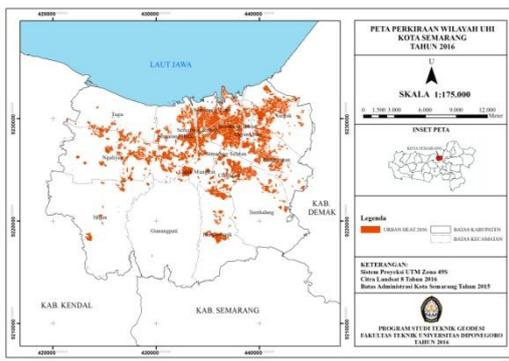


Gambar IV.23 Peta Perkiraan Wilayah Sebaran Urban Heat Island Tahun 2011

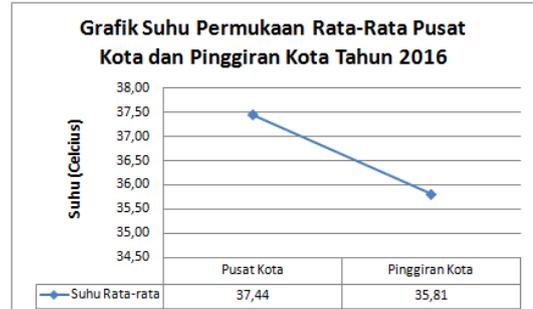


Gambar IV.24 Grafik Suhu Permukaan Rata-rata Pusat Kota dan Pinggiran Kota Semarang Tahun 2011

Pada gambar IV.24, grafik menunjukkan penurunan suhu dari daerah pusat kota ke daerah pinggiran kota. Suhu rata-rata di pusat kota pada tahun 2011 adalah 41,23° C, sedangkan suhu rata-rata di pinggiran kota adalah 39,34° C. Selisih suhu rata-rata di pusat kota dan daerah pinggiran kota sebesar 1,89° C. Pada gambar IV.23, dapat dilihat bahwa wilayah yang diperkirakan mengalami fenomena pulau bahang (*urban heat island*) masih terletak di Kecamatan Semarang Selatan, Semarang Tengah, dan sekitarnya. Namun ada pula yang masuk ke daerah pinggiran kota, yaitu di wilayah Kecamatan Banyumanik dan Tembalang. Hal ini disebabkan karena pembangunan di daerah Kecamatan Banyumanik dan Tembalang yang semakin pesat akibat aktivitas masyarakat sekitarnya yang terpengaruh oleh daerah universitas, seperti Universitas Diponegoro, Politeknik Negeri Semarang, dan lain-lain.



Gambar IV.25 Peta Perkiraan Wilayah Sebaran Urban Heat Island Tahun 2016



Gambar IV.26 Grafik Suhu Permukaan Rata-rata Pusat Kota dan Pinggiran Kota Semarang Tahun 2016

Pada gambar IV.26, grafik menunjukkan penurunan suhu dari daerah pusat kota ke daerah pinggiran kota. Suhu rata-rata di pusat kota pada tahun 2011 adalah 37,44° C, sedangkan suhu rata-rata di pinggiran kota adalah 35,81° C. Selisih suhu rata-rata di pusat kota dan daerah pinggiran kota sebesar 1,63° C. Pada gambar IV.25, dapat dilihat bahwa wilayah yang diperkirakan mengalami fenomena pulau bahang (*urban heat island*) masih terletak di Kecamatan Semarang Selatan, Semarang Tengah, dan sekitarnya. Namun ada pula suhu tertinggi yang masuk ke daerah pinggiran kota, yaitu di wilayah Kecamatan Banyumanik dan Tembalang. Hal ini disebabkan karena pembangunan di daerah Kecamatan Banyumanik dan Tembalang yang semakin pesat akibat aktivitas masyarakat sekitarnya yang terpengaruh oleh daerah universitas, seperti Universitas Diponegoro, Politeknik Negeri Semarang, dan lain-lain.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

1. Fenomena pulau bahang (*urban heat island*) terjadi di Kota Semarang dibuktikan dengan suhu permukaan rata-rata yang turun dari daerah pusat kota ke pinggiran kota. Selisih suhu rata-rata di daerah pusat kota dan daerah pinggiran kota sebesar ± 1-2° C.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi *urban heat island* di Kota Semarang adalah luasan tutupan lahan dan vegetasi. Suhu-suhu tinggi yang terpusat di wilayah Kecamatan Semarang Selatan, Semarang Tengah, Semarang Timur dan sekitarnya muncul akibat banyaknya lahan terbangun dan minimnya vegetasi di wilayah tersebut.
3. Hasil uji regresi linear sederhana yang dilakukan pada beberapa kelas tutupan lahan untuk mengetahui hubungan atau korelasi antara perubahan luas tutupan lahan dan suhu permukaan menghasilkan persamaan $y = 3E-05x + 29,08$,untuk kelas lahan terbangun, persamaan $y = -0,001x + 38,67$

,untuk kelas vegetasi, dan $y = 0,020x + 24,71$,untuk kelas lahan kosong. Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa nilai tutupan lahan dan suhu permukaan berbanding lurus yang ditandai dengan tanda positif (+) didepan koefisien regresi. Jadi, ketika luas tutupan lahan meningkat maka suhu permukaan akan meningkat juga.

4. Hasil uji regresi linear sederhana yang dilakukan untuk mengetahui hubungan atau korelasi antara perubahan nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan menghasilkan persamaan $y = -10,07x + 39,12$,untuk tahun 2006, persamaan $y = -10,24x + 43,74$,untuk tahun 2011, dan $y = -9,610x + 33,39$,untuk tahun 2016. Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan berbanding terbalik yang ditandai dengan tanda negatif (-) didepan koefisien regresi. Jadi, ketika nilai indeks vegetasi menurun (mendekati nilai -1) maka suhu permukaan akan meningkat. Dan sebaliknya, apabila nilai indeks vegetasi meningkat (mendekati nilai +1) maka suhu permukaan akan menurun.

V.2 Saran

1. Dalam penelitian *urban heat island* dibutuhkan citra satelit yang memiliki kualitas baik dengan liputan awan sedikit dan diambil pada saat perekaman di bulan-bulan kering (bukan musim penghujan) agar saat pengolahan suhu permukaan menghasilkan sebaran suhu yang cukup sesuai dengan keadaan lapangan.
2. Pengambilan sampel suhu permukaan untuk validasi dilakukan di hari yang sama dan merata di seluruh wilayah penelitian disesuaikan waktu perekaman citra yang digunakan agar hasil lebih akurat.
3. Pengambilan sampel suhu permukaan dicoba dilakukan dengan alat pengukur suhu selain *infrared thermometer* agar suhu hasil pengolahan lebih sesuai dengan suhu di lapangan.
4. Pola pengembangan dan tata guna lahan di Kota Semarang harus diperhatikan agar *urban heat island* tidak terjadi di tahun-tahun berikutnya.
5. Perlu kajian lebih terhadap perbedaan rentang spektral pada kanal yang digunakan algoritma UHI akibat penggunaan jenis satelit yang berbeda (Landsat 5, Landsat 7 dan 8)
6. Perlu pengujian ulang terhadap nilai UHI akibat penggunaan koreksi atmosferik TOA. Mengingat hasil penelitian Lilik Kristianingsih berjudul Analisis Pengaruh Koreksi Atmosfer terhadap Estimasi Kandungan Klorofil-A menggunakan Citra Landsat 8 koreksi yang terbaik adalah metode BOA.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisha, I. N. 2013. *Adaptasi Penerapan Bentuk Mitigasi Urban Heat Island (UHI) pada Kawasan Pusat Kota Bandung*. Bandung : SAPPK ITB.
- Al Mukmin, S. A. 2015. *Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan dan Keterkaitannya dengan Fenomena Urban Heat Island*. Semarang : Jurnal Geodesi UNDIP Vol.5, No.1.
- Coll, C, dkk. 1994. *Estimation of Land Surface Emissivity Differences in the Split-Window Channels of AVHRR*. Remote Sensing of Environmenr, 47, 1 – 25.
- Cox, J. R. 2005. *Characterizing the Surface Heat Island of New York City*.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Fawzi, N. I. 2013. *Kajian Urban Heat Island di Kota Yogyakarta – Hubungan antara Tutupan Lahan dan Suhu Permukaan*. Yogyakarta : UGM.
- Hidayati, I. N. 2013. *Analisis Transformasi Citra dan Penggunaan/Penutup Lahan terhadap Urban Heat Island Berbasis Citra Penginderaan Jauh*. Yogyakarta : Laporan Penelitian Hibah Penelitian Dosen Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi UGM.
- Khomarudin, M. R. 2004. *Mendeteksi Pulau Panas (Heat Island) dengan Data Satelit Penginderaan Jauh*. Warta LAPAN Vol.6, No.2.
- Marini, Y, dkk. 2014. *Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood dengan Klasifikasi Berbasis Objek untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros*. LAPAN.
- Ridlo, M. A. 2016. *Mengupas Problema Kota Semarang Metropolitan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Sukendar, P. M. 2016. *Analisis Sebaran Kawasan Potensial Panas Bumi Gunung Salak dengan Suhu Permukaan, Indeks Vegetasi, dan Morfologi*. Semarang : Jurnal Geodesi UNDIP Vol. 5, No.2.
- Utami, F. P. *Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi Dengan Metode*

Penginderaan Jauh. Semarang : Jurnal Geodesi UNDIP Vol.5, No.1.

Yollanda, A. 2011. *Kajian Perubahan Penutupan Lahan Dengan Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Multi-Temporal di Daerah Aliran Sungai Bodri*. Semarang : Skripsi Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial UNNES.