

ANALISIS HUBUNGAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP SUHU PERMUKAAN TERKAIT FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT (STUDI KASUS: KOTA SURAKARTA)

Arfina Kusuma Putra^{*)}, Abdi Sukmono, Bandi Sasmito.

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

ABSTRAK

Kota Surakarta merupakan salah satu kota besar di Jawa Tengah yang saat ini tengah mengalami perkembangan yang pesat. Berkat perkembangannya yang pesat, Kota Surakarta menjadi tujuan urbanisasi. 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 kenaikan suhu yang memicu adanya fenomena pulau bahang (*Urban Heat Island*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan perubahan tutupan lahan terhadap suhu permukaan terkait fenomena *Urban Heat Island* Kota Surakarta. Fenomena pulau bahang (*Urban Heat Island*) 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 Tahun 1997, 2007, dan tahun 2016. Hasil pengolahan berupa distribusi suhu permukaan kemudian dikorelasikan dengan nilai indeks vegetasi dan perubahan tutupan lahan menggunakan analisis korelasi spasial dan uji regresi linear 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 99,8%. Hasil analisis korelasi spasial antara nilai indeks vegetasi dengan suhu permukaan menghasilkan nilai korelasi sebesar 66,63% untuk tahun 1997 dengan tahun 2007, dan 17,53% untuk tahun 2007 dengan tahun 2017. Perbedaan suhu permukaan antara pusat Kota Surakarta dengan daerah *sub urban* adalah sebesar $\pm 1-2,5^\circ\text{C}$. Perbedaan suhu antara pusat Kota Surakarta dengan daerah *sub urban* tersebut menjadi indikator kuat terjadinya *urban heat island* di Kota Surakarta.

Kata kunci: Tutupan Lahan, NDVI, LST, UHI

ABSTRACT

Surakarta is one of big cities in Central Java which is currently experiencing rapid growth. Due to its rapid development, Surakarta becomes an urbanization destination. As the urbanization increases, there is a change of land cover, from vegetated areas into built areas. The building process which is accompanied by an increase in population will affect the needed land area to support daily activities as well as affecting the increase of the temperature which triggers phenomenon of bahang island (urban heat island).

The study is aimed at determining the relation of land cover change toward surface temperature in related to the phenomenon of Urban Heat Island of Surakarta. The phenomenon of bahang island (Urban Heat Island) was analyzed by using remote sensing data approach through some extractions which were the utilization of supervised classification, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), and LST (Land Surface Temperature). The data processing was performed by using landsat satellite imagery in 1997, 2007, and 2016. The result of the process was in the form of surface temperature distribution to be correlated with vegetation index value and land cover change by using spatial correlation analysis and simple linear regression test.

The result shows that land cover change and vegetation index have a correlation with surface temperature. The result of simple regression test between the change of built land area and surface temperature deliver a determination coefficient value (R^2) in amount of 99,8%. The result of spatial correlation analysis between vegetation index value and surface temperature is in correlation value of 66,63% for the year between 1997 and 2007, and 17,53% for 2007 and 2017. The difference of surface temperature between the downtown of Surakarta and the sub-urban area is $\pm 1-2,5^\circ\text{C}$. The temperature difference between Surakarta's downtown and sub-urban area becomes a strong indicator of urban heat island in Surakarta.

Keywords: Land cover, NDVI, LST, UHI

^{*)} Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kota Surakarta yang merupakan salah satu kota besar di Jawa Tengah dalam beberapa tahun kebelakang telah menjadi kiblat pembangunan se-Karesidenan Surakarta. Perkembangan pembangunan yang pesat di Kota Surakarta seperti pisau bermata dua, disatu sisi pembangunannya yang pesat meningkatkan sektor perekonomian. Tetapi dilain sisi, kota pada beberapa tahun terakhir menjadi *over urbanization* dikarenakan daya tariknya. Pertambahan jumlah penduduk akan mempengaruhi proses pembangunan serta mempengaruhi luasan lahan yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan sehari-hari serta mempengaruhi suhu yang memicu adanya fenomena *Urban Heat Island*.

Urban heat island merupakan isotherm tertutup yang menunjukkan daerah permukaan yang relatif hangat, yakni sebagai suhu yang lebih hangat di daerah perkotaan dibandingkan dengan lingkungan pedesaan disekitarnya (United States Environmental Protection Agency, 2008). 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. (Chen, et al.; Tursilowati; Zong-Ci, et al., dalam Fawzi, 2013). Tingginya laju urbanisasi yang ditandai dengan meningkatnya lahan terbangun (pemukiman dan industri) menjadi salah satu penyebab meluasnya Urban Heat Island. (Tursilowati, 2007).

Dengan semakin berkembangnya teknologi penginderaan jauh studitentang fenomena pulau bahang (*Urban Heat Island*) akan lebih mudah untuk dilakukan. Hal ltersebut tidak lepas karena penggunaan data penginderaan jauh memungkinkan untuk mendapatkan data spasial yang akurat dan cepat dalam waktu yang relatif singkat.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perkembangan tutupan lahan Kota Surakarta secara periodik pada tahun 1997, 2007, dan 2017?
2. Bagaimana perkembangan suhu permukaan Kota Surakarta secara periodik pada tahun 1997, 2007, dan 2017?
3. Bagaimana hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Surakarta?
4. Apakah terjadi *Urban Heat Island* di Kota Surakarta pada rentang waktu tahun 1997, 2007, dan 2017?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perkembangan tutupan lahan Kota Surakarta secara periodik pada tahun 1997, 2007, dan 2017.

2. Mengetahui perkembangan suhu permukaan Kota Surakarta secara periodik pada tahun 1997, 2007, dan 2007.
3. Mengetahui hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Surakarta.
4. Mengetahui apakah terjadi *Urban Heat Island* di Kota Surakarta pada rentang waktu tahun 1997, 2007, dan 2017.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilaksanakan di Kota Surakarta, Jawa Tengah
2. Data citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 5 untuk tahun 1997, Landsat 7 untuk tahun 2007, dan Landsat 8 untuk tahun 2017.
3. Metode klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised*) yang dikorelasikan dengan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI).
4. Algoritma yang digunakan untuk mengetahui nilai suhu permukaan adalah algoritma *Mono-window Brightness Temperature*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah kondisi kenampakan biofisik permukaan bumi yang diamati. Penggunaan lahan adalah pengaturan, kegiatan dan input terhadap jenis tutupan lahan tertentu untuk menghasilkan sesuatu, mengubah atau mempertahankannya. Analisis akan lebih efektif jika data yang dihasilkan dari kedua istilah tersebut digabungkan karena memungkinkan mendeteksi lokasi perubahan terjadi, perubahan tipe dan bagaimana suatu lahan berubah (Jansen dan Gregorio, 2002).

II.2 Land Surface Temperature

Suhu permukaan dapat diartikan suhu bagian terluar dari suatu obyek. Untuk suatu tanah terbuka, suhu permukaan adalah suhu pada lapisan terluar permukaan tanah sedangkan untuk vegetasi seperti hutan dapat dipandang suhu permukaan kanopi tumbuhan dan pada tubuh air merupakan suhu dari permukaan air tersebut. (Wiweka, 2014)

Data citra satelit Landsat dapat menghasilkan suhu permukaan (*Land Surface Temperature*). Metode perhitungan LST atau *Brightness Temperature* dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- T : *Brightness Temperature* (K)
- K1 : Konstanta kalibrasi radian spektral
- K2 : Konstanta kalibrasi suhu absolut
- Lλ : Radian spektral

Metode di atas mengasumsikan bahwa pantulan yang terekam oleh sensor merupakan pantulan asli objek dengan mengabaikan gangguan atmosfer. Metode ini akan sangat mempengaruhi interpretasi sehingga perlu

dilakukan koreksi atmosfer dengan memasukkan parameter, menurut Coll (2010) menyebutkan terdapat 3 parameter yang dapat digunakan dalam koreksi atmosfer yakni Upwelling, downwelling dan transmitansi. Ketiga parameter tersebut dihubungkan dalam persamaan 2.2 berikut.

$$CV R2 = \frac{CVR \cdot 1 - L\uparrow}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L \downarrow \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

CV R2 : Nilai koreksi atmosferik radiance

CV R1 : Nilai radiance dari section 1

L↑ : Upwelling radiance

L↓ : Downwelling radiance

τ : Transmisi

ε : Emisivitas (0,95)

II.3 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan suatu proses pengelompokan seluruh pixel pada suatu citra kedalam dalam kelompok sehingga dapat diinterpretasikan sebagai suatu properti yang spesifik (Chein-I Chang dan H.Ren, 2000). Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terselia atau terbimbing (*Supervised classification*). Klasifikasi terselia digunakan dalam penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, maka pengenalan polanya merupakan proses atomik dengan bantuan komputer. (Purwadhi 2001).

II.4 Normalized Difference Vegetation Index

Indeks vegetasi atau NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (Near-Infrared Radiation) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer 1997).

Perhitungan NDVI didasarkan pada prinsip bahwa tanaman hijau tumbuh secara sangat efektif dengan menyerap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak (PAR atau *Photosynthetically Active Radiation*), sementara itu tanaman hijau sangat memantulkan radiasi dari daerah inframerah dekat. Perhitungan nilai indeks vegetasi menggunakan metode NDVI dapat dilakukan dengan persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

NIR : Radiasi inframerah dekat dari piksel.

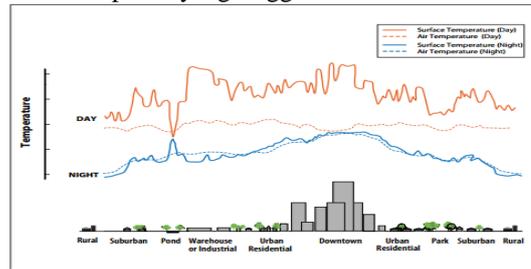
Red : Radiasi cahaya merah dari piksel

Nilai NDVI berkisar dari -1 (yang biasanya air) sampai +1 (vegetasi lebat).

II.5 Urban Heat Island

Menurut Khomaruddin (2004) *Urban heat island* (UHI) merupakan suatu fenomena atau kejadian peningkatan suhu udara di wilayah perkotaan dibandingkan dengan daerah sekitarnya hingga mencapai 3-10 °C. Kondisi ini disebabkan oleh objek di wilayah perkotaan sebagian besar merupakan lahan terbangun, dan material-material yang kedap air yang secara umum akan

mengakibatkan penyerapan kapasitas panas dan konduktivitas panas yang tinggi.

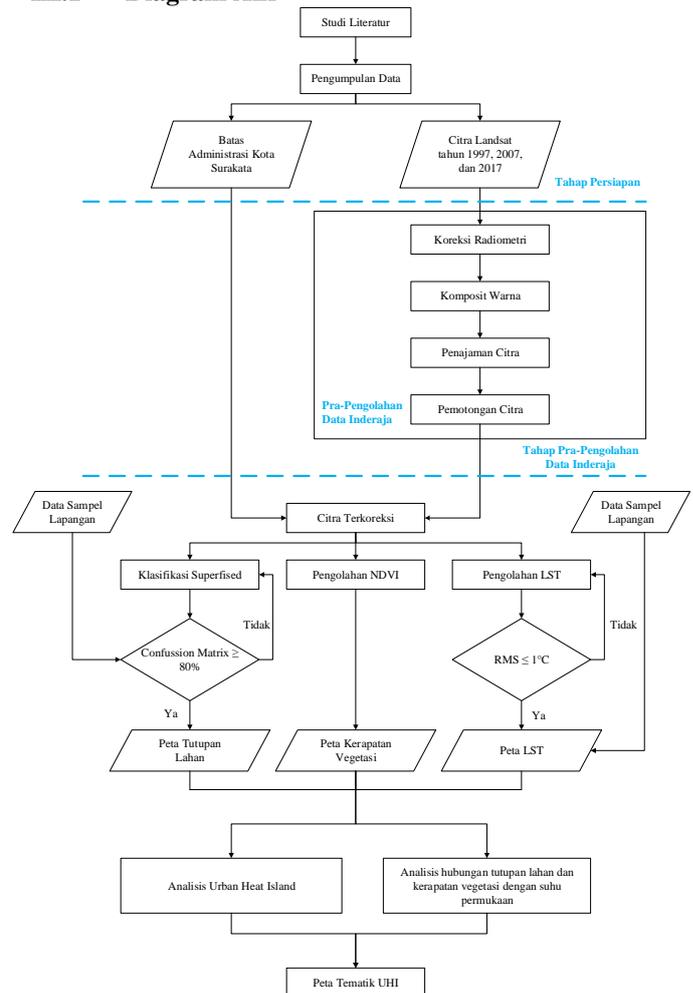


Gambar II.1 Sketsa profil urban heat island (U.S.EPA)

Menurut Nowak dalam Khomarudin (2004) Urban Heat Island (UHI) terbentuk jika sebagian tumbuhan (vegetasi) digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan, dan struktur lain diperlukan untuk mengakomodasi bertambahnya populasi manusia. Permukaan tanah yang tergantung tersebut lebih banyak menyerap panas matahari dan juga lebih banyak memantulkannya, sehingga menyebabkan temperatur permukaan dan suhu lingkungan naik. Penggantian semak belukar dan pohon menyebabkan tempat berteduh dan pertukaran udara melalui evapotranspirasi berkurang sehingga udara yang lebih lembab hilang.

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

III.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Peralatan pengolah data
 - a. Perangkat Keras
 - 1) Laptop dengan spesifikasi Intel (R) Core (TM) i3-3217U CPU @1.80GHz (4CPUs) ~ 1.80GHz RAM 4Gb OS Windows 10 64-Bit
 - 2) Thermometer
 - 3) Kamera
 - b. Perangkat Lunak
 - 1) ENVI 5.1 untuk pengolahan citra
 - 2) QGIS 2.1 untuk pengolahan SIG
 - 3) Microsoft Office 2013
2. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:
 - a. Citra Satelit Landsat 5 Tahun 1997
 - b. Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2007
 - c. Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2017
 - d. SHP Batas Administrasi
 - e. Data Sebaran Sampel Suhu Permukaan Kota Surakarta

III.3 Pra Pengolahan Citra

Data inderaja satelit yang diterima oleh stasiun bumi berupa data mentah (*raw data*). Data mentah perlu direstorasi atau dikoreksi terhadap gangguan-gangguan yang terjadi saat perekaman. Pengolahan data inderaja untuk membetulkan atau merestorasi citra (*imagerestoration*) biasa disebut pra pengolahan (*preprocessing*) data. (Purwadhi, 2001). Pra pengolahan data antara lain terdiri

III.3.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama.

Koreksi yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah koreksi sudut dan jarak matahari (*sunangel*). *Sun Angel Correction* dilakukan untuk memperbaiki nilai reflektan yang *error* akibat posisi matahari dengan cara koreksi sudut elevasi matahari (*sun elevation*) yang dihitung berdasarkan waktu perekaman data citra.

III.3.2 Gap and Fill Landsat 7

Penelitian ini menggunakan data dari Landsat 7 ETM+ dengan akuisisi pada tanggal 11 Juli 2007. Akan tetapi sejak 31 Mei 2003 sistem sensor pada Landsat 7 ETM+ mengalami kerusakan berupa kegagalan pengoreksi baris pemindai (*scan line corrector*, SLC). Akibat kegagalan ini, data hasil pemindaian pun banyak yang hilang. Melalui operasi sistem sensor yang menggunakan moda SLC-Off ini, diperoleh citra digital yang menampilkan baris-baris pemindaian yang melompat-lompat.

Istilah masalah ini sering disebut SLC-Off. Untuk memperbaiki masalah ini dapat menggunakan perintah *gapfill* untuk memperbaiki garis-garis hitam tersebut (dengan cara mengambil informasi terdekatnya atau

dengan informasi citra yang berbeda waktu perekamannya).

III.3.3 Pemotongan Citra

Tujuan dari pemotongan adalah untuk memotong citra dan memilih bagian tertentu yang akan digunakan dengan menggunakan batas administrasi tertentu dimana di dalam penelitian ini digunakan batas administrasi dari Kota Surakarta. Citra yang dilakukan pemotongan adalah citra yang telah dikoreksi radiometrik.

III.3.4 Cloud Masking

Salah satu isu tantangan sebagian besar aplikasi pencitraan satelit yang peneliti temukan adalah awan. Awan ini akan membuat data dan informasi menjadi tidak akurat karena awan akan menutupi objek yang ingin diteliti tersebut. Gambar atau data yang tertutup awan disebut dengan *missing value*. *Missing Value* diartikan bahwa nilai yang belum diketahui dikarenakan awan yang menutupi nilai asli tersebut. (Christian Ray dkk, 2016)

Maka dari itu, penghilangan awan tersebut yang akan berguna di banyak aplikasi terutama dalam *remotesensing*. Pada penelitian ini, peneliti memanfaatkan software QGIS yang telah dipasang *plugin cloud masking* untuk melakukan proses *cloudmasking*.

III.4 Pengolahan Data

III.4.1 Reklasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi terselia atau terbimbing (*Supervised classification*) merupakan proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih training area untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi. (Purwadhi, 2001).

Klasifikasi *supervised* pada penelitian ini menggunakan algoritma *maximum likelihood*. Ketelitian klasifikasi *supervised* 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. *Region Of Interest* adalah area sampel yang dibentuk sebagai *training area* pada klasifikasi *supervised*.

III.4.2 Reklasifikasi NDVI

Indeks vegetasi atau NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Indeks vegetasi merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (Near-Infrared Radiation) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer 1997).

Tabel III.1 Nilai NDVI

Kelas	NDVI	Keterangan
1	-1 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,03 s/d 0,15	Kehijauan sangat rendah
3	0,15 s/d 0,25	Kehijauan rendah
4	0,26 s/d 0,35	Kehijauan sedang
5	0,36 s/d 1	Kehijauan tinggi

NDVI digunakan 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. Pembagian kelas NDVI dilakukan mengacu pada peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.12/Menhut-Ii/2012. Pembagian klasifikasinya peneliti tampilkan pada tabel III.1 sebagai berikut.

III.4.3 Reklasifikasi LST

Analisis dalam pengolahan data suhu menggunakan algoritma *Mono window Brightness Temperature* dimana dalam hal ini yakni *land surface temperature* memerlukan data termal, untuk Landsat 5-TM dan Landsat 7 ETM menggunakan saluran termal sedangkan untuk Landsat 8-OLI menggunakan saluran TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) yakni band 10 dan band 11.

Tahapan dalam pengolahan *land surface temperature* dibagi menjadi empat tahap, 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.4.4 Penentuan *Urban Heat Island*

Penentuan *urban heat island* (UHI) dalam penelitian ini lebih mengacu pada hasil dari pengolahan *Land Surface Temperature* (LST) yang telah dilakukan pada sub bab sebelumnya. Adapun proses penentuan *urban heat island*(UHI) adalah sebagai berikut,

1. Menentukan rata-rata suhu permukaan pada daerah pedesaan, dimana dalam penelitian ini wilayah pedesaan berada diluar batas administrasi Kota Surakarta.
2. Menentukan batas minimal suhu permukaan yang bisa disebut *urban heat island* (UHI). Batas minimal suhu permukaan mengacu pada pendapat Khomaruddin (2004) yaitu sebesar 3°C.
3. Melakukan klasifikasi daerah *urban heat island* dan melakukan *overlay* nilai LST yang teridentifikasi sebagai *urban heat island*(UHI) dengan peta yang mempunyai skala lebih tinggi. (Sasmito dan Suprayogi, 2017)

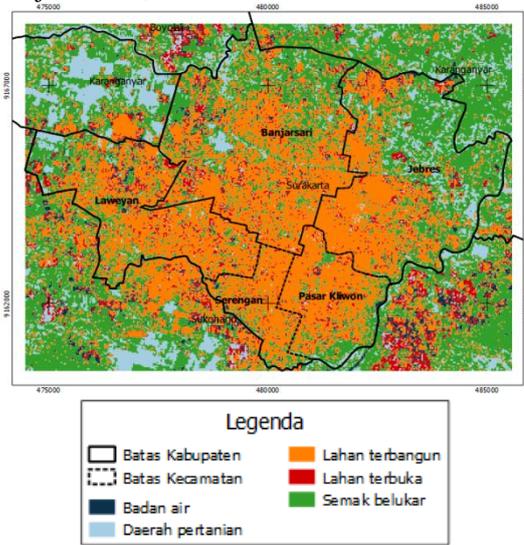
IV. Hasil dan Pembahasan

IV.4 Analisis Tutupan Lahan

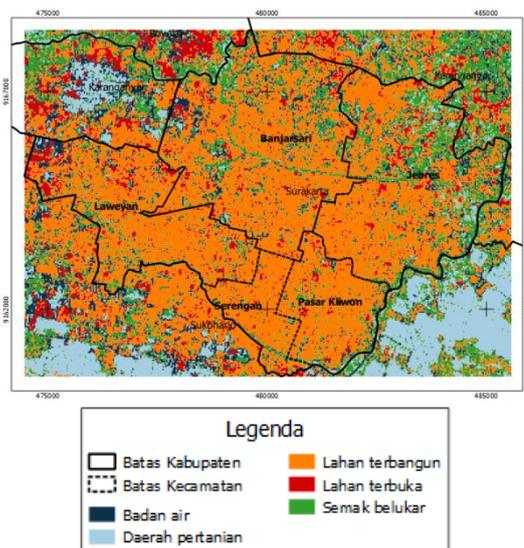
Hasil pengolahan citra satelit menggunakan metode klasifikasi terbimbing menghasilkan peta tutupan lahan dengan pembagian kelas sebanyak 6 kelas, antara lain badan air, daerah pertanian, lahan terbangun, lahan terbuka, dan semak belukar. Berikut merupakan hasil dari analisis klasifikasi tutupan lahan.

Seperti bisa dilihat pada gambar IV.4, tutupan lahan pada kelas lahan terbangun mengalami perubahan yang signifikan dari tahun ke tahun, yaitu terjadi kenaikan yang signifikan dari tahun 1997 sebesar 3.403,440 Ha menjadi sebesar 4.257,360 Ha pada tahun 2007,

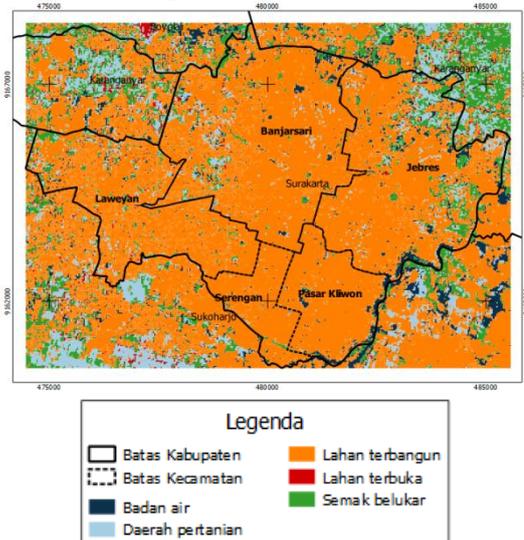
sedangkan dari tahun 2007 ke tahun 2017 mengalami kenaikan yang sangat signifikan dari sebesar 4.257,360 Ha menjadi 6.325,200 Ha.



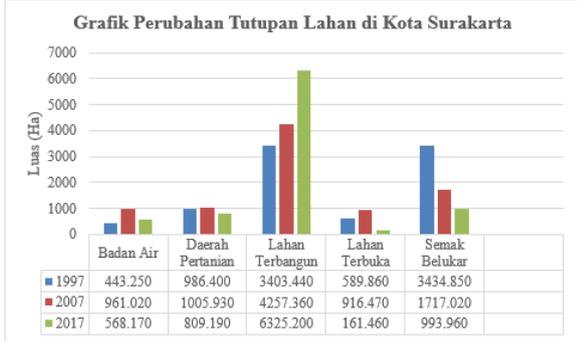
Gambar IV.1 Tutupan lahan Kota Surakarta tahun 1997



Gambar IV.2 Tutupan lahan Kota Surakarta tahun 2007



Gambar IV.3 Tutupan lahan Kota Surakarta tahun 2017



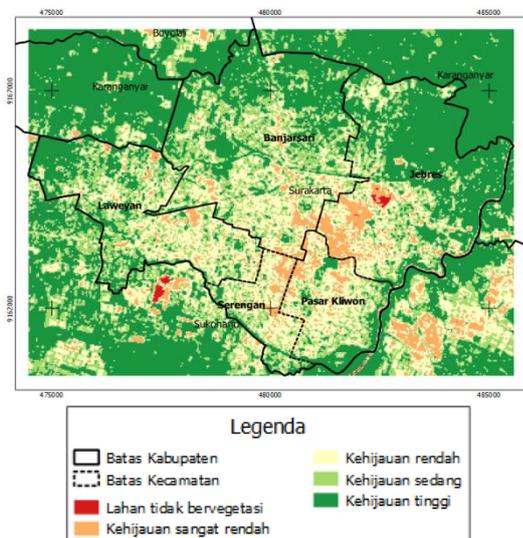
Gambar IV.4 Grafik perubahan tutupan lahan Kota Surakarta

Tutupan lahan pada kelas semak belukar mengalami penurunan yang berarti dari tahun 1997, tahun 2007, sampai tahun 2017. Tutupan lahan pada kelas semak belukar mengalami penurunan dari 3.434,850 Ha pada tahun 1997 menjadi sebesar 1.717,020 Ha pada tahun 2007. Kemudian kembali mengalami penurunan yang cukup signifikan pada tahun 2017 menjadi sebesar 993,960 Ha.

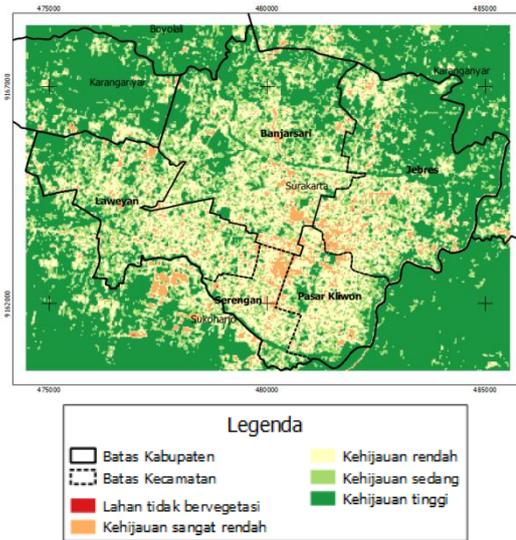
IV.5 Analisis Kerapatan Vegetasi

Indeks vegetasi atau NDVI adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Pada penelitian ini, hasil dari pengolahan indeks vegetasi ini akan dikorelasikan dengan hasil pengolahan klasifikasi tutupan lahan dan pengolahan suhu di Kota Surakarta. Hal ini dikarenakan distribusi suhu permukaan suatu daerah sangat dipengaruhi oleh aktifitas manusia didalamnya terkait dengan penggunaan lahannya, seperti: pemukiman yang semakin luas, penurunan lahan terbuka hijau, dan perluasan daerah industri. Berikut merupakan hasil analisis dari pengolahan NDVI.

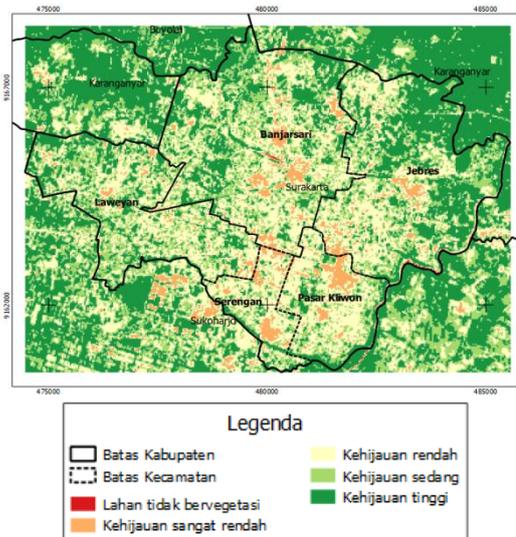
Pada gambar IV.8, kerapatan vegetasi dengan kelas kehijauan sangat rendah mengalami perubahan yang cukup variatif, yaitu terjadi penurunan yang signifikan dari tahun 1997 sebesar 633,420 Ha menjadi sebesar 484,650 Ha pada tahun 2007, sedangkan dari tahun 2007 ke tahun 2017 mengalami kenaikan yang signifikan menjadi sebesar 633,330 Ha.



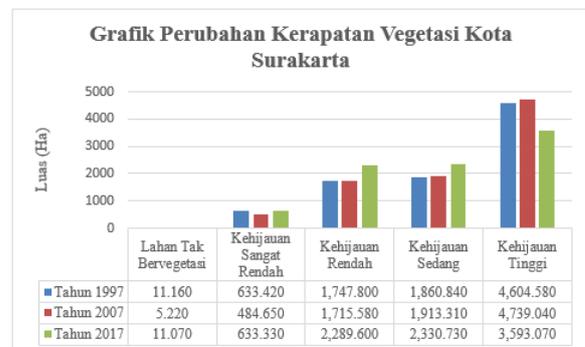
Gambar IV.5 Sebaran kerapatan vegetasi Kota Surakarta tahun 1997



Gambar IV.6 Sebaran kerapatan vegetasi Kota Surakarta tahun 2007



Gambar IV.7 Sebaran kerapatan vegetasi Kota Surakarta tahun 2017



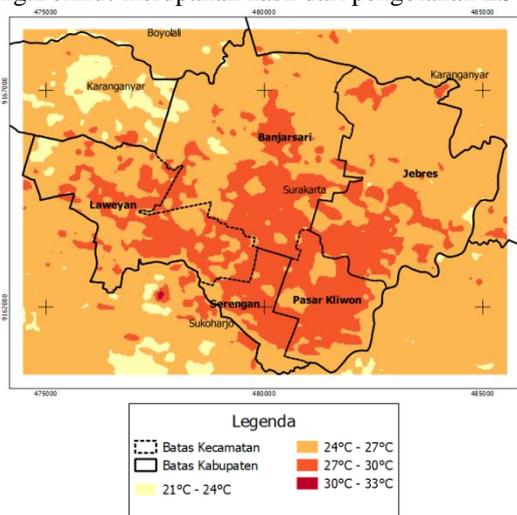
Gambar IV.8 Grafik perubahan kerapatan vegetasi Kota Surakarta

Perubahan kerapatan vegetasi dengan kelas kehijauan tinggi cukup variatif dari tahun ke tahun. Pada tahun 1997 kelas kehijauan tinggi memiliki luas sebesar

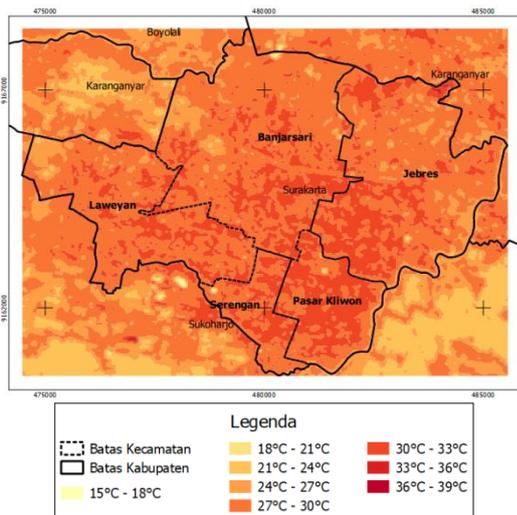
4.604,580 Ha, kemudian mengalami kenaikan menjadi seluas 4.739,040 Ha pada tahun 2007. Kemudian terjadi penurunan luas dari tahun 2007 ke tahun 2017 menjadi seluas 3.593,070 Ha.

IV.6 Analisis Suhu Permukaan

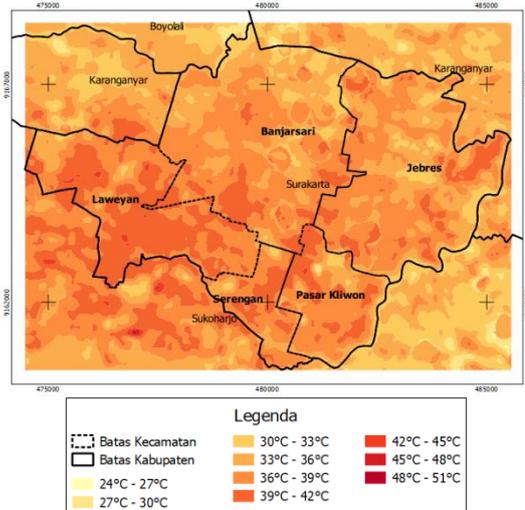
Hasil pengolahan *land surface temperature* menghasilkan distribusi suhu permukaan di Kota Surakarta di setiap tahunnya. Proses pengolahan *land surface temperature* ini dilakukan klasifikasi menjadi beberapa kelas berdasarkan rentang suhu permukaannya. Pembagian kelas tersebut ditampilkan pada peta hasil pengolahan yang menunjukkan perbedaan warna-warna yang tersebar di seluruh Kota Surakarta, hal ini menunjukkan bahwa setiap objek di bumi khususnya di Kota Surakarta memiliki rentang panasnya masing-masing. Berikut merupakan hasil dari pengolahan LST.



Gambar IV.8 Sebaran suhu permukaan Kota Surakarta tahun 1997



Gambar IV.9 Sebaran suhu permukaan Kota Surakarta tahun 2007



Gambar IV.10 Sebaran suhu permukaan Kota Surakarta tahun 2017



Gambar IV.11 Grafik perubahan suhu permukaan Kota Surakarta

Pada gambar IV.11 diatas, terdapat beberapa perubahan suhu yang signifikan dari tahun ke tahun. Pertama, pada tahun 1997 suhu permukaan di dominasi kelas 21°C -24°C yang jumlahnya menurun sangat signifikan pada tahun 2007 dan 2017. Kedua, terjadi pada kelas 27°C-30°C, dimana pada kelas ini terjadi penurunan jumlah suhu permukaan secara signifikan dari tahun 1997 ke tahun 2007, kemudian terjadi penurunan lagi dari tahun 2007 ke tahun 2017. Ketiga, terjadi pada kelas 30°C-33°C, dimana pada kelas ini terjadi kenaikan jumlah suhu permukaan secara signifikan dari tahun 1997 ke tahun 2007, tetapi kemudian terjadi penurunan dari tahun 2007 ke tahun 2017. Keempat, terjadi pada kelas 33°C-36°C, dimana pada kelas ini terjadi penurunan jumlah dari tahun 2007 ke tahun 2017, akan tetapi mulai dari kelas 33°C-36°C sampai kelas selanjutnya tidak ditemukan suhu permukaan tahun 1997 (klasifikasi suhu permukaan 1997 nilai suhu maksimal hanya mencapai kelas 30°C-33°C. Kelima, terjadi pada kelas 36°C-39°C dan 39°C-42°C, dimana pada kelas ini terjadi kenaikan jumlah dari tahun 2007 ke tahun 2017 yang cukup signifikan.

IV.7 Analisis Hubungan Perubahan Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan

Setelah dilakukan analisis deskriptif melalui peta hasil pengolahan pada data sebelumnya, kemudian dilakukan analisis regresi linear sederhana antara

perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan di Kota Surakarta. Hasil dari regresi linear dapat dilihat pada Tabel IV.1

Tabel IV.1 Hasil regresi linear sederhana antara perubahan luas tutupan lahan dengan suhu permukaan

Kelas Tutupan	Hasil Korelasi dengan Suhu Permukaan	R ²
Badan air	$y = 0,000x + 30,807$	0.002
Daerah pertanian	$y = -0,540x + 79,252$	0.987
Lahan terbangun	$y = 0,004x + 12,405$	0.998
Lahan terbuka	$y = -0,010x + 35,812$	0.543
Semak belukar	$y = -0,004x + 37,641$	0.776

Tabel IV.1 diatas menunjukkan hubungan antara perubahan luas tutupan lahan dengan suhu permukaan rata-rata. Dari tabel IV.1 didapat informasi bahwa kelas lahan terbangun memiliki korelasi yang paling tinggi dengan persamaan $y = 0,004x + 12,405$. Persamaan tersebut menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,998 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh tutupan lahan terbangun terhadap rata-rata suhu permukaan hanya sebesar 99,8 %, sedangkan sisanya di pengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model. Nilai koefisien regresi bernilai positif yang berarti kedua parameter berbanding lurus, dimana semakin besar luas tutupan lahan terbangun maka suhu permukaan akan semakin tinggi. Nilai korelasi tertinggi kedua terhadap suhu permukaan adalah kelas daerah pertanian dengan persamaan $y = -0,540x + 79,252$. Persamaan tersebut menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,987 yang memiliki pengertian bahwa pengaruh tutupan lahan terbangun terhadap rata-rata suhu permukaan hanya sebesar 98,7 %, sedangkan sisanya di pengaruhi oleh variabel lain yang tidak disebutkan dalam model. Nilai koefisien regresi bernilai negatif yang berarti kedua parameter berbanding terbalik, dimana semakin besar luas tutupan daerah pertanian maka suhu permukaan akan semakin rendah.

IV.8 Analisis Hubungan Perubahan Kerapatan Vegetasi dengan Suhu Permukaan

Setelah dilakukan analisis deskriptif melalui peta hasil pengolahan pada data sebelumnya, kemudian dilakukan uji korelasi spasial menggunakan data delta NDVI dan delta LST untuk tahun 1997, 2007, dan tahun 2017. Hasil uji korelasi spasial NDVI dengan LST dapat dilihat pada gambar IV.12 bagian (a) dan (b).

Pada gambar IV.12 bagian (a) diatas didapatkan hasil korelasi sebesar -0.6662628. Nilai korelasi tersebut memiliki arti bahwa pengaruh perubahan nilai NDVI terhadap nilai LST dari tahun 1997 ke tahun 2007 adalah sebesar 66,63%. Sedangkan nilai korelasi bernilai negatif yang berarti kedua parameter berbanding terbalik, dimana semakin tinggi nilai perubahan kerapatan vegetasi maka suhu permukaan akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.



Gambar IV.12 Korelasi spasial delta NDVI dengan delta LST tahun 1997 dengan tahun 2007 (a) dan tahun 2007 dengan tahun 2017 (b)

Pada gambar IV.12 bagian (b) didapatkan hasil korelasi sebesar -0.175282. Nilai korelasi tersebut memiliki arti bahwa pengaruh perubahan nilai NDVI terhadap nilai LST dari tahun 2007 ke tahun 2017 adalah sebesar 17,53%. Sedangkan nilai korelasi bernilai negatif yang berarti kedua parameter berbanding terbalik, dimana semakin tinggi nilai perubahan kerapatan vegetasi maka suhu permukaan akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

IV.9 Analisis Urban Heat Island Kota Surakarta

Pada penelitian ini analisis urban heat island dilakukan setiap tahunnya berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data suhu permukaan. Hasil analisisnya dapat dilihat pada Tabel IV.2

Tabel IV.2 Suhu Rata-rata urban dan sub urban

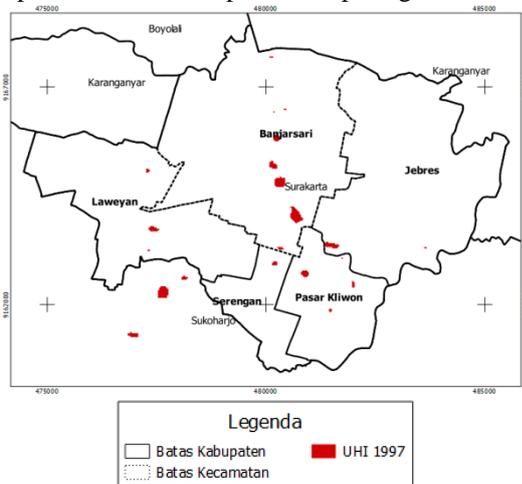
Suhu Rata-Rata	Tahun		
	1997	2007	2017
Urban	26,626	29,208	37,117
Sub Urban	25,342	26,735	35,133

Pada tabel IV.2 diatas menunjukkan bahwa terjadi penurunan suhu rata-rata dai daerah urban ke daerah sub urban. Suhu rata-rata di daerah perkotaan atau urban pada tahun 1997 adalah 26,626 °C, sedangkan suhu rata-rata di daerah pinggiran Kota atau sub urban adalah 25,342 °C. Selisih suhu rata-rata di daerah perkotaan dengan daerah pinggiran kota sebesar 1,271 °C. Perkiraan wilayah sebaran urban heat island pada tahun 1997 dapat dilihat pada gambar IV.13.

Pada Tabel IV.2, terjadi penurunan suhu rata-rata dai daerah urban ke daerah sub urban. Suhu rata-rata di daerah perkotaan atau urban pada tahun 2007 adalah 29,208 °C, sedangkan suhu rata-rata di daerah pinggiran Kota atau sub urban adalah 26,735 °C. Selisih suhu rata-rata di daerah perkotaan dengan daerah pinggiran kota sebesar 2,473 °C. Perkiraan wilayah sebaran urban heat island pada tahun 2007 dapat dilihat pada gambar IV.14

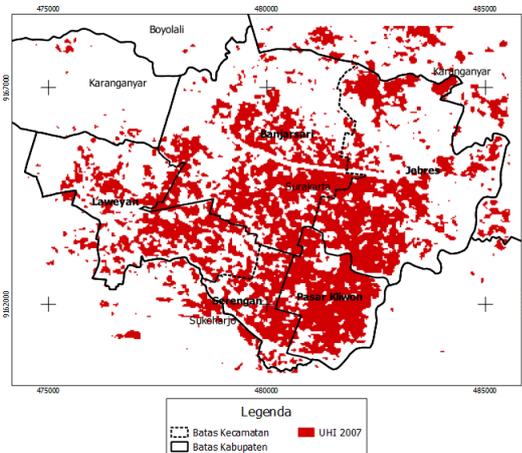
Pada Tabel IV.2, terjadi penurunan suhu rata-rata dai daerah urban ke daerah sub urban. Suhu rata-rata di daerah perkotaan atau urban pada tahun 2017 adalah

37,117 °C, sedangkan suhu rata-rata di daerah pinggiran Kota atau sub urban adalah 35,133 °C. Selisih suhu rata-rata di daerah perkotaan dengan daerah pinggiran kota sebesar 1,619 °C. Perkiraan wilayah sebaran *urban heat island* pada tahun 2017 dapat dilihat pada gambar IV.15



Gambar IV.13 Perkiraan wilayah *urban heat island* Kota Surakarta tahun 1997

Pada gambar IV.13, dapat dilihat bahwa pada tahun 1997 *urban heat island* hanya terjadi beberapa titik wilayah, yaitu terdapat di tengah-tengah Kota Surakarta, walaupun persebaran *urban heat island* ada di setiap kecamatan pada tahun 1997. Dan luas total wilayah yang diperkirakan mengalami *urban heat island* pada tahun 1997 hanya sebesar 36,54 Ha.

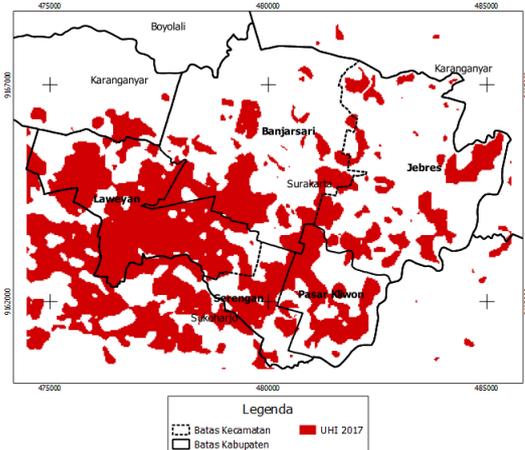


Gambar IV.14 Perkiraan wilayah *urban heat island* Kota Surakarta tahun 2007

Pada gambar IV.14, dapat dilihat bahwa pada tahun 2007 *urban heat island* hanya terjadi hampir di seluruh wilayah Kota Surakarta, semua Kecamatan menyumbang angka *urban heat island* yang cukup banyak pada tahun 2007. Dan luas total wilayah yang diperkirakan mengalami *urban heat island* pada tahun 2007 hanya sebesar 2.343,33 Ha, jauh meningkat dari tahun 1997 yang hanya sebesar 35,64 Ha.

Pada gambar IV.15 di atas, dapat dilihat bahwa pada tahun 2017 *urban heat island* terjadi hampir di seluruh wilayah Kota Surakarta. Luas total wilayah yang diperkirakan mengalami *urban heat island* pada tahun

2017 sebesar 2.594,52 Ha, meningkat dari tahun 2007 yang sebesar 2.343,33 Ha. Kecamatan dengan angka penyumbang *urban heat island* terbesar adalah Kecamatan Laweyan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan Laweyan merupakan *Central Business District* (CBD) Kota Surakarta. CBD merupakan pusat bisnis yang terdiri dari fungsi perdagangan dan jasa, perkantoran, dan fungsi yang diperuntukkan untuk kegiatan ekonomi.



Gambar IV.15 Perkiraan wilayah *urban heat island* Kota Surakarta tahun 2017

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Tutupan lahan Kota Surakarta mengalami kenaikan yang signifikan pada kelas lahan terbangun, yaitu 2592.72 Ha pada tahun 1997, kemudian naik menjadi 3056.49 pada tahun 2007 dan 4081.18 Ha pada tahun 2017. Kelas daerah pertanian mengalami penurunan yang signifikan dari tahun ke tahun, yaitu sebesar 268.20 Ha pada tahun 1997, kemudian menurun menjadi sebesar 75.60 Ha pada tahun 2007 dan 62.60 pada tahun 2017.
2. Perubahan suhu yang terjadi di Kota Surakarta dengan menggunakan tiga tahun penelitian yang berbeda menghasilkan hasil yang variatif. Pada tahun 1997 hanya terdapat empat kelas suhu yakni suhu 21°C – 24°C sampai dengan suhu 30°C – 33°C. Di tahun 2007 kelas suhu bertambah sampai dengan suhu 36°C – 39°C, akan tetapi kelas suhu terendah menjadi 15°C – 18°C. Kemudian pada tahun 2017 kelas suhu terendah meningkat menjadi 24°C – 27°C dengan kelas suhu tertinggi mencapai 48°C – 51°C.
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 $y = -0,540x + 79,252$ untuk kelas daerah pertanian, persamaan $y = 0,004x + 12,405$ untuk kelas lahan terbangun, persamaan $y = -0,010x + 35,812$ untuk kelas lahan terbuka, dan persamaan $y = -0,004x + 37,641$ untuk kelas semak belukar.

Sedangkan hasil uji korelasi spasial yang dilakukan menggunakan data delta NDVI dan delta LST untuk tahun 1997, 2007, dan tahun 2017 menghasilkan korelasi sebesar -0,6662628 untuk data tahun 1997 dengan tahun 2007, dan korelasi sebesar -0,175282 untuk data tahun 2007 dengan tahun 2017.

4. Fenomena pulau bahang (*urban heat island*) terjadi di Kota Surakarta pada tahun 1997, 2007, dan 2017 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 $\pm 1-2^{\circ}\text{C}$. Tahun 1997 *urban heat island* hanya terjadi di beberapa titik wilayah di tengah-tengah Kota Surakarta dengan total luas 36,54 Ha. Tahun 2007 *urban heat island* terjadi di seluruh wilayah Kota Surakarta dengan total luas mencapai 2.343,33 Ha. Kemudian pada tahun 2017 *urban heat island* juga terjadi di seluruh wilayah Kota Surakarta, Kecamatan dengan angka penyumbang *urban heat island* terbesar adalah Kecamatan Laweyan. Luas total wilayah yang diperkirakan mengalami *urban heat island* pada tahun 2017 sebesar 2.594,52 Ha. Wilayah *urban heat island* tahun 2017 yang bergeser ke sebelah barat Kota Surakarta, tepatnya di Kecamatan Laweyan terjadi dikarenakan Laweyan merupakan *Central Business District* (CBD) dari Kota Surakarta.

V.2 Saran

Setelah melaksanakan kegiatan penelitian tugas akhir ini, ada beberapa saran yang hendak disampaikan dan semoga berguna untuk pelaksanaan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Dalam penelitian terkait suhu permukaan dibutuhkan data citra satelit yang baik dengan tutupan awan sedikit. Pemilihan waktu pengamatan sangat berpengaruh dalam ketelitian data. Waktu penelitian terbaik adalah saat bulan kemarau dimana tutupan awan sangat minimal.
2. Perlu dilakukan studi lanjutan tentang koreksi atmosferik pada pengolahan *land surface temperature*, karena hasil yang didapat cukup berbeda antara Landsat 5, Landsat 7, dan Landsat 8 setelah dilakukan koreksi atmosferik.
3. Perlu kajian lebih terhadap proses *Cloud Masking*, karena penggunaan metode *cloud masking for Landsat Products* yang dilakukan peneliti didapatkan hasil yang kurang optimal. Peneliti selanjutnya disarankan menggunakan metode lain, agar didapat hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Chein-I Chang dan H. Ren. 2000. *An Experiment-Based Quantitative and Comparative Analysis of Target Detection and Image Classification Algorithms for Hyperspectral Imagery*. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, No. 2

Coll, C., Galve, J. M., Sanchez, J. M. & Caselles, V., 2010. *Validation of Landsat-7/ETM+ Thermal-Band Calibration and Atmospheric*

Correction With GroundBased Measurements. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 48(1), pp. 547-555.

- Christian, Ray dkk. 2016. *Cloud Removal Menggunakan Metode Interpolasi Pada Citra Landsat 8*. Seminar Nasional Teknologi Informasi 2016. Universitas Tarumanegara
- Hardiyanti Purwadhi, F. Sri. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia
- Jansen and Di Gregorio. 2001. *Parametric Land Cover And Land-Use Classifications As Tools For Environmental Change Detection*. Agriculture, Ecosystems and Environment 91 (2002) 89-100
- Khomarudin, M. R. 2004. *Mendeteksi Pulau Panas (Heat Island) dengan Data Satelit Penginderaan Jauh*. Warta LAPAN Vol.6, No.2.
- Lillesand T.M dan R.W. Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Diterjemahkan: Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, Suharyadi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Sasmito, B dan Suprayogi, A. 2017. *Model Kekritisian Indeks Lingkungan Dengan Algoritma Urban Heat Island Di Kota Semarang*. Majalah Ilmiah GLOBE Volume 19 No. 1 April 2017: 45-52
- Tursilawati, Laras. 2007. *Urban Heat Island Dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim Dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan*. Artikel LAPAN ISBN : 978-979-17490-0-8
- United States Environmental Protection Agency, 2008. *Urban Heat Island basics. In Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies; Chapter 1; Draft Report*.
- Wiweka. 2014. *Pola Suhu Permukaan Dan Udara Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal*. Ecolab Vol. 8 No. 1 Januari 2014 : 1 – 52