

ANALISIS HUBUNGAN ANTARA PERUBAHAN SUHU DENGAN INDEKS KAWASAN TERBANGUN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT (STUDI KASUS : KOTA SURAKARTA)

Mutiah Nurul Handayani, Bandi Sasmito, Arwan Putra^{*)}

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

ABSTRAK

Kota Surakarta merupakan salah satu kota di Indonesia yang terus berkembang dalam hal pembangunan. Pembangunan tersebut dapat dilihat dengan adanya *mall*, apartemen dan pemukiman baru. Pembangunan dapat mengakibatkan perubahan kawasan terbangun sehingga terjadi perubahan suhu permukaan di Kota Surakarta. Perubahan suhu diperlukan untuk melihat seberapa besar pengaruh peningkatan kawasan terbangun dengan perubahan suhu tersebut. Pemantauan suhu permukaan dapat dideteksi dengan menggunakan citra satelit.

Citra satelit dengan metode penginderaan jauh dapat digunakan untuk memantau dan mendeteksi perubahan kawasan terbangun yang sering terjadi di daerah perkotaan dan pinggiran kota sebagai konsekuensi dari gencarnya urbanisasi, serta hubungannya dengan penyebab terjadinya perubahan suhu permukaan. Kawasan terbangun dapat dipetakan melalui algoritma *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI). Perubahan suhu permukaan dapat diperoleh menggunakan algoritma *Mono-window Brightness Temperature* dengan menggunakan data citra Landsat. Perubahan kawasan terbangun dan suhu permukaan dilakukan korelasi dengan persamaan regresi linear sederhana untuk menghitung seberapa besar pengaruh perubahan yang terjadi di tiap tahun yang berbeda.

Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara perubahan kawasan terbangun dengan suhu permukaan di tiap tahun pengamatan. Uji matriks konfusi pada pengolahan NDBI menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 74% serta hasil persamaan regresi pada pengolahan LST dengan suhu lapangan menghasilkan nilai koefisien determinasi sebesar 45,11% dan 51%. Persamaan regresi linear sederhana yang diperoleh menyatakan bahwa terdapat hubungan antara NDBI dan LST di tiap tahunnya dengan nilai koefisien lebih dari 50%. Pada tahun 2008 menghasilkan persamaan $y = 6,454x + 26,354$ (55,680%). Pada tahun 2013 menghasilkan persamaan $y = 13,578x + 38,795$ (69,050%). Pada tahun 2015 menghasilkan persamaan $y = 10,267x + 37,861$ (65,140%), sedangkan ditahun 2017 menghasilkan persamaan $y = 13,140x + 37,787$ (57,990%).

Kata kunci : *Cloud masking*, LST, NDBI, Penginderaan jauh

ABSTRACT

Surakarta is one of the developed cities in Indonesia. The development is marked by new malls, apartments and settlements. This can lead to changes in wake area and surface temperature changes in Surakarta City. Temperature changes need to be known to see how big the effect of an increase in the built area with the temperature change. The monitor can be detected using satellite imagery.

Satellite imagery with remote sensing methods can be used to monitor and detect frequent built-up changes in urban and suburban areas as a consequence of incessant urbanization, as well as their relation to the causes of surface temperature changes. The built area can be mapped through the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) algorithm. While the surface temperature (LST) change can use Mono-window Brightness Temperature algorithm by using Landsat image data. Changes in both parameters are then correlated with a simple linear regression equation to calculate how much influence changes occur in each different year.

The results of this study indicate that there is a correlation between the change of built area and the surface temperature in each observation year. Confusion matrix test on NDBI processing resulted the overall accuracy score of 74% and the result of regression equation at LST processing with field temperature yield coefficient determination value 45.11% and 51%. The simple linear regression equation obtained that there is a relationship between NDBI and LST in each year with coefficient value more than 50%. In 2008 yielded the equation $y = 6.454x + 26.354$ (55,680%). In the year 2013 yielded the equation $y = 13,578x + 38,795$ (69,050%). In 2015 yields the equation $y = 10,267x + 37,861$ (65,140%), whereas in year 2017 yields equation $y = 13,14x + 37,787$ (57,990%).

Keywords : *Cloud Masking*, LST, NDBI, Remote sensing

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Populasi penduduk di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun. Menurut Badan Pusat Statistik yang disingkat BPS, pada tahun 2015 jumlah penduduk di Indonesia yaitu sebesar 255,462 juta jiwa dan merupakan negara ketiga dengan populasi penduduk terbesar di dunia. Tutupan lahan di daerah perkotaan cenderung mengalami perubahan lebih drastis selama periode waktu yang cepat daripada di tempat lain karena gencarnya urbanisasi. Urbanisasi menyebabkan perubahan fungsi tanah terutama yang sering terjadi di daerah pinggiran kota sebagai hasil pembangunan ekonomi yang pesat. Fenomena ini dapat mengakibatkan perubahan yang ada di daerah perkotaan, seperti perubahan penggunaan lahan yang dulunya masih lahan kosong atau pertanian menjadi lahan terbangun serta perubahan dalam suhu udara rata-rata yang ada di kota tersebut.

Kota mempunyai fungsi sebagai pusat pemerintahan, kegiatan ekonomi, wisata dan wahana peningkatan kualitas hidup. Besarnya peluang untuk meningkatkan kualitas hidup, menjadikan kawasan perkotaan semakin padat oleh masyarakat dari wilayah pinggiran kota maupun masyarakat dari desa yang mencoba peruntungan di kota. Perkembangan pembangunan di daerah perkotaan ini memicu perubahan suhu yang ada di kota tersebut.

Solo atau juga bisa disebut Surakarta adalah kota di Jawa Tengah yang memiliki luas 46 kilometer persegi ini berbatasan dengan Kabupaten Karanganyar dan Kabupaten Boyolali di utara, Kabupaten Karanganyar dan Sukoharjo di barat dan timur juga Kabupaten Sukoharjo di bagian selatan. Pada bagian timur Kota Solo menunjukkan kawasan sungai Bengawan Solo. Kota Solo juga memiliki populasi sebanyak 510.077 jiwa pada 2014 lalu. Perkembangan pembangunan di kota ini mengalami peningkatan setiap tahun yang dapat terlihat dari gencarnya pembangunan bangunan tinggi di beberapa tahun belakangan ini yang berada di pusat Kota Surakarta dimulai dari pembangunan mall, dan bertambahnya hotel serta apartemen. Adanya peristiwa ini maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh bertambahnya bangunan di kota Surakarta dengan perubahan suhu.

Penelitian ini mengambil lokasi penelitian di Kota Surakarta untuk mengetahui seberapa besar perubahan lahan terbangun dengan perubahan suhu rata-rata dalam beberapa tahun yang diambil dalam sampel 4 tahun yang berbeda. Perubahan ini idealnya dapat dideteksi melalui citra penginderaan jauh karena relatif *up-to-date* dan memberikan model panorama.

Penelitian ini akan menggunakan metode NDBI (*Normalized Differenced Built-up Index*) untuk menganalisis indeks kawasan terbangun yang merupakan pengembangan dari indeks vegetasi NDVI (*Normalized Differenced Vegetation Index*). Metode kedua menggunakan ekstraksi perubahan suhu yakni LST (*Land Surface Temperature*) dengan

algoritma *Mono-window Brightness Temperature* untuk menghitung nilai suhu. Perhitungan dalam menggunakan metode NDBI dan LST secara umum menggunakan perangkat lunak ENVI 5.1 serta pembuatan *layout* peta menggunakan perangkat lunak ArcGIS yang akan diterapkan untuk penelitian ini.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka permasalahan dari penelitian tersebut adalah :

1. Bagaimana perubahan suhu dan perubahan kawasan terbangun di Kota Surakarta dilihat pada tahun 2008, 2013, 2015, dan 2017?
2. Bagaimana hubungan perubahan suhu dengan perubahan indeks kawasan terbangun di Kota Surakarta?
3. Seberapa besar pengaruh perubahan indeks kawasan terbangun terhadap suhu di Kota Surakarta?

I.3. Manfaat Penelitian

Penelitian dimaksudkan untuk melihat seberapa besar perubahan yang akan dan/atau sudah terjadi antara meningkatnya angka pembangunan gedung-gedung baru serta pemukiman baru yang memberikan efek pada perubahan suhu permukaan yang ada pada suatu kota.

Manfaat dari penelitian dapat berlaku terkhusus bagi pengurus pemerintahan kota Surakarta untuk memantau perkembangan pembangunan di Kota Surakarta sendiri setiap tahunnya dengan memperkirakan dampak peningkatan pembangunan tersebut dengan perubahan suhu yang akan terjadi. Pemerintah Kota Surakarta dapat melakukan perencanaan penataan ruang dan pembangunan kota untuk kawasan terbangun dan kawasan terbuka agar tidak memberikan dampak negatif terhadap perubahan suhu. Manfaat lain yang dapat diberikan dari penelitian ini yakni memberikan informasi mengenai perubahan dan pemadatan penduduk dalam suatu kawasan misal dalam lingkup kecil yakni kelurahan yang ada di Kota Surakarta serta memberikan informasi mengenai suhu rata-rata yang ada di Kota Surakarta yang dapat diketahui oleh umum dalam bentuk peta tematik.

I.4. Ruang Lingkup

1. Metode analisis suhu dengan algoritma *Land Surface Temperature* yakni suhu kulit permukaan bumi yang merupakan hasil pancaran suhu dari permukaan objek yang terekam oleh citra satelit pada waktu tertentu.
2. Metode identifikasi indeks kawasan terbangun dengan algoritma *Normalized Difference Built-up Index*.
3. Penelitian ini suhu permukaan merupakan sebaran suhu permukaan bumi berdasarkan penggunaan lahan yang nampak pada citra satelit.
4. Lokasi penelitian yang dilakukan yaitu di Kota Surakarta pada Gambar 1. Secara geografis Kota Surakarta berada antara $110^{\circ} 45' 15''$ -

110°45' 35" BT dan antara 7°36'0" - 7°56'0" LS dengan luas wilayah kurang lebih 46 Km².



Gambar 1 Wilayah Penelitian (Google Earth, 2016)

5. Analisa dilakukan berdasarkan perubahan indeks kawasan terbangun yang kemudian dibandingkan dengan data suhu permukaan Kota Surakarta tahun 2008, 2013, 2015 dan 2017.

I.5. Metodologi Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan memenuhi 4 (empat) tahapan sehingga dapat menyelesaikan penelitian sebagai hasil penelitian, secara sederhana dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

Tahapan ini peneliti mengumpulkan beberapa data yang akan digunakan untuk proses penelitian, dalam hal ini yakni data citra Landsat dengan 4 tahun berbeda, shp (*shapefile*) batas administrasi, dan data lain sebagai penunjang serta literatur-literatur sebagai referensi untuk mengarahkan bentuk penelitian yang akan dikerjakan. Literatur yang digunakan dapat dalam bentuk buku, jurnal-jurnal penelitian sebelumnya, dan alamat *website* yang terpercaya seperti *usgs.com*.

2. Tahap Pra-pengolahan

Tahapan ini merupakan tahapan sebelum dilakukannya pengolahan dengan metode utama yang digunakan dalam penelitian ini. Tahapan ini dilakukan beberapa koreksi seperti koreksi radiometrik dan koreksi geometrik pada data citra Landsat sebelum data tersebut digunakan dalam pengolahan. Data citra Landsat, terlebih dengan citra Landsat 5-TM masih memiliki kesalahan baik dalam radiometrik ataupun geometriknnya. Penelitian ini citra Landsat 8-OLI pun tetap dilakukan pengkoreksian untuk memperoleh data yang lebih baik dan bersih. Data yang telah terkoreksi dilakukan cropping citra yakni memperkecil area citra khusus untuk cakupan area yang digunakan penelitian saja.

3. Tahap Pengolahan

- a. Pengolahan klasifikasi kawasan terbangun dengan menggunakan algoritma

Normaliized Difference Built-up Index (NDBI).

- b. Pengolahan suhu permukaan menggunakan algoritma *Mono-window Brightness Temperature* yakni *Land Surface Temperature* (LST) untuk mengetahui sebaran suhu yang terdapat di area penelitian.

4. Tahap Analisis

Tahapan ini, hasil dari pengklasifikasian dari metode yang dijelaskan pada tahap pengolahan saling dikorelasikan dengan menggunakan analisis regresi linear sederhana. Hasil analisis tersebut dapat memberikan kesimpulan mengenai hubungan peningkatan pembangunan dengan perubahan suhu permukaan di Kota Surakarta.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Kota dan Iklim Perkotaan

Kota merupakan hasil cipta, rasa, karsa, dan karya manusia yang paling rumit sepanjang peradaban. Kota bisa dibidang sebagai tempat yang padat dan dihuni oleh orang-orang yang heterogen (beraneka ragam). Pengertian kota secara umum adalah tempat bermukim, bekerja, dan kegiatan warga kota baik itu dalam bidang ekonomi, pemerintahan, dan lainnya. Bintarto dalam Triyanti (2008), mengartikan sebuah kota dari aspek geografisnya, yakni sebagai suatu bentang budaya akibat unsur unsur alami dan non-alami dengan adanya gejala kepadatan penduduk yang tinggi dan corak kehidupan yang heterogen dan bersifat materialis.

Di Indonesia, kota dari segi hukum dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan (Sandy dalam Yunus HS, 2005), yaitu: (1) kotamadya; (2) kotamadya administratif; (3) kota administratif dan (4) kota. Kotamadya adalah sebuah kota yang jelas batas hukum kewenangan pemerintah daerahnya. Kotamadya adalah tingkat II. Kotamadya administratif adalah sebuah kota yang tidak mempunyai Dewan Perwakilan Rakyat. Kota, seperti layaknya kabupaten, keberadaannya hanya ditandai oleh bagian-bagiannya yang sudah dibangun namun kewenangan hukum pemerintah daerahnya tidak terbatas pada daerah terbangun saja tetapi termasuk wilayah yang belum terbangun yang berada dalam batas-batas wilayah yang sudah ditetapkan.

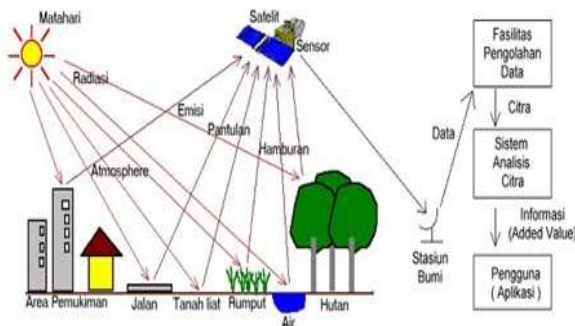
Kepadatan penduduk yang terus bertambah memacu pengembang-pengembang atau *developer* melakukan perubahan penggunaan tanah menjadi pemukiman secara besar-besaran. Pemerintah perlu meningkatkan sarana prasarana fisik untuk menunjang pertumbuhan ekonomi perkotaan. Peningkatan sarana dan prasana tersebut diwujudkan dengan pembangunan jalan-jalan baru, gedung-gedung perkantoran, pertokoan, rel kereta api, lahan parkir dan sebagainya. Hal ini tentu saja mempengaruhi sirkulasi alami dari air, udara, panas dan juga vegetasi.

II.2. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi mengenai suatu objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa suatu kontak langsung (Lillesand dkk., 2008). Penginderaan jauh merupakan salah satu bidang ilmu yang diterapkan oleh keilmuan geodesi geomatika untuk menganalisis suatu peristiwa yang terjadi di bumi dengan menggunakan sistem pasif maupun aktif.

Toha (2008) mengatakan piksel adalah sebuah titik yang merupakan elemen paling kecil pada citra satelit. Angka numerik (1 byte) dari piksel disebut *Digital Number (DN)*. *Digital Number* bisa ditampilkan dalam warna kelabu, berkisar antara putih dan hitam (*greyscale*), tergantung level energi yang terdeteksi. Piksel yang disusun dalam order yang benar akan membentuk sebuah citra.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit seperti Landsat TM mampu mendeteksi pola penggunaan lahan di muka bumi. Menurut Sutanto (1994), penggunaan penginderaan jauh baik diukur dari jumlah bidang penggunaannya maupun dari frekuensi penggunaannya pada tiap bidang yang mengalami peningkatan pesat. Informasi tentang objek disampaikan kepada pengamat melalui energi elektromagnetik yang merupakan pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi.



Gambar 2 Sistem Penginderaan Jauh (Paine, 1981)

II.3. NDBI (Normalized Differenced Built-Up Index)

Zha (2003) menganalogikan NDVI untuk mengembangkan indeks area terbangun yang disebut *Normalized Difference Built-up Index (NDBI)* yang digunakan untuk mengkalkulasi *Built-up area*. Indeks NDBI akan fokus untuk menyoroti daerah perkotaan atau kawasan terbangun di mana biasanya ada pemantulan yang lebih tinggi pada area *Shortwave Infrared (SWIR)*, jika dibandingkan dengan area *Near-Infrared (NIR)*. NDBI yang disebut juga *Normalized Difference Built-up Index* dan *UI (Urban Index)* merupakan indeks yang sangat sensitif terhadap lahan terbangun/lahan terbuka yang dikembangkan untuk menonjolkan kenampakan lahan terbangun dibandingkan dengan obyek yang lainnya. NDBI dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pemetaan daerah urban melalui citra Landsat TM dan Landsat OLI. Oleh karena itu NDBI memanfaatkan

band inframerah dekat dan inframerah tengah. Nilai rentang spektral NDBI berkisar 0,1 – 0,3 (As Syukur, 2012).

$$NDBI = \frac{(R \text{ Inframerah Tengah} - R \text{ Inframerah Dekat})}{(R \text{ Inframerah Tengah} + R \text{ Inframerah Dekat})} \dots\dots(II.1)$$

II.4. LST (Land Surface Temperature)

Data citra satelit yang diperoleh tidak dapat langsung diolah *digital number*-nya, namun harus dilakukan beberapa tahapan konversi terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai suhu permukaan yang sebenarnya. Perhitungan algoritma untuk identifikasi suhu dengan citra satelit Landsat menggunakan *band* termal yakni saluran 10 (*band* 10) untuk Landsat 8 dan saluran 6 (*band* 6) untuk Landsat 5. Pada Landsat 8-OLI lebih baik menggunakan *band* 10 daripada *band* 11, karena terdapat gangguan (*stray light*) pada *band* 11. Algoritma yang digunakan adalah *Mono-window Brightness Temperature*:

Konversi *Digital Number* ke dalam Radian Spektral (usgs dalam Delarizka, 2016)

Konversi Radian Spektral menjadi Kelvin:

$$Tb = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1)} \dots\dots(II.2)$$

Dimana:

- Tb : *Brightness Temperature satelit* (K)
- K1 : Konstanta kalibrasi radian *spectral*
- K2 : Konstanta kalibrasi suhu absolut (K)
- L_λ : *Radian spectral*

Konversi suhu dalam satuan Kelvin menjadi

Celcius:

$$TCelcius = TKelvin - 273 \dots\dots(II.3)$$

II.5. Cloud Masking

Pengolahan *cloud masking* pada *software ArcGIS* menggunakan *band QA (Quality Assessment)* yang terdapat pada metadata citra Landsat 8. *Band QA (Quality Assessment)* Landsat 8 merupakan tambahan penting untuk file data Landsat 8. Setiap piksel pada pita QA berisi bilangan bulat yang mewakili kombinasi kondisi permukaan atmosfer, dan sensor yang dikemas agar dapat mempengaruhi kegunaan keseluruhan piksel tertentu. Informasi yang terdapat dalam saluran QA adalah terjemahan dari nilai *string* biner, contoh sederhana nilai integer “1” diterjemahkan ke nilai biner “0001”. Nilai biner “0001” memiliki 4 bit, ditulis dengan benar kekiri sebagai bit 0 (“1”), 1 (“0”), 2 (“0”), dan 3 (“0”). Bit 0 = 1 = isi, bit 1 = 0 = tidak ada awan, bit 2 = 0 = tanah, bit 3 = tidak ada salju (usgs, 2013). Berikut merupakan gambar di bawah ini menampilkan bit-bit yang saat ini terisi untuk adegan *Pre-Collection Landsat 8 OLI / TIRS*:

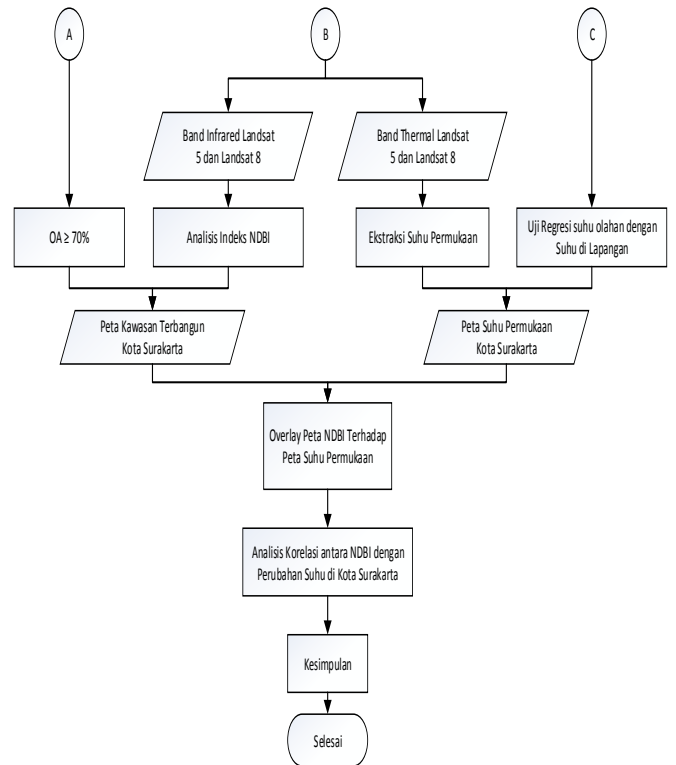
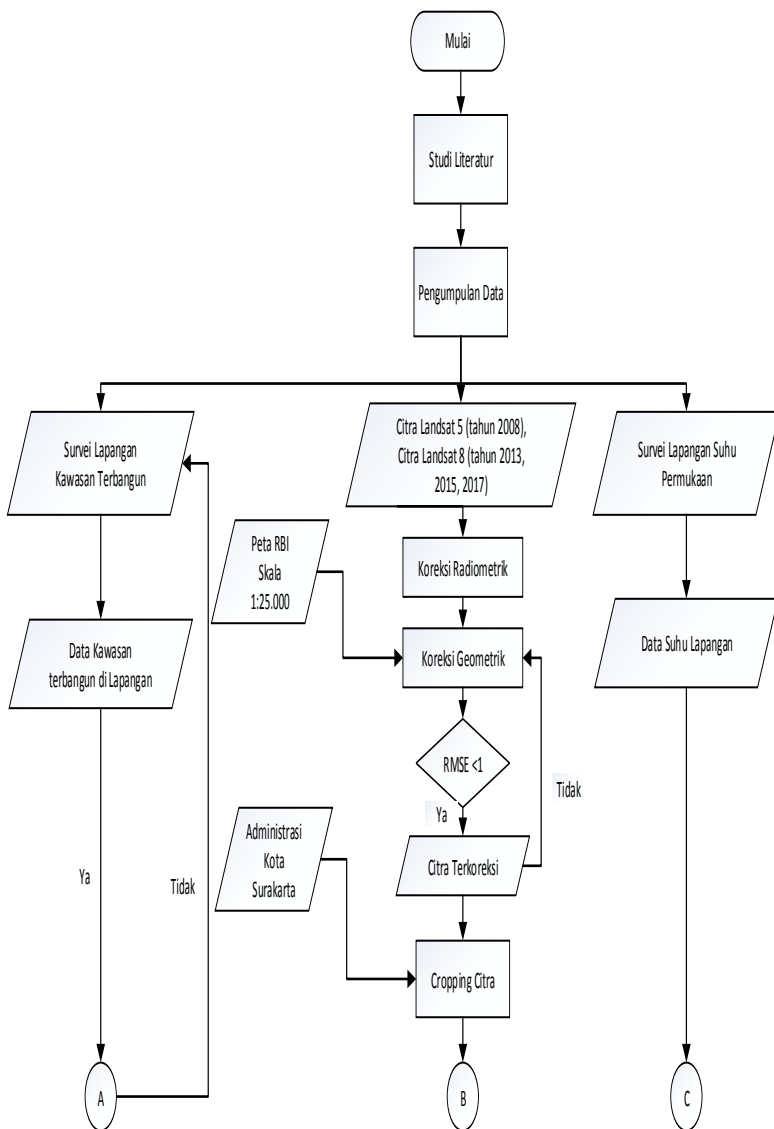
Tabel 1 Nilai bit *pre-collection* Landsat 8-OLI (usgs, 2013)

Bit	Value	Cumulative Sum	Description
0	1	1	Designated Fill
1	2	3	Dropped Frame
2	4	7	Terrain Occlusion
3	8	15	Reserved (Unused)
4	16	31	Water
5	32	63	
6	64	127	Reserved (Unused)
7	128	255	
8	256	511	Reserved (Unused)
9	512	1023	
10	1024	2047	Snow/Ice
11	2048	4095	
12	4096	8191	Cirrus
13	8192	16383	
14	16384	32767	Cloud
15	32768	65535	

Proses *cloud masking* atau *cloud remove* akan menghasilkan citra yang bebas dari awan, *cirrus* atau *haze* yang teranalisis oleh *software* pengolahnya dan bertujuan untuk nilai awan yang akan diproses untuk metode berikutnya dianggap 0 atau tidak memiliki informasi agar tidak menimbulkan kesan ambigu terhadap informasi yang terdeteksi awan.

III. Metode Penelitian

III.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 Diagram alir penelitian

III.2. Persiapan Penelitian

1. Data Penelitian

- Citra satelit Landsat 5 tahun 2008, citra satelit Landsat 8 tahun 2013, 2015, dan 2017.
- Peta RBI Kota Surakarta skala 1:25.000.
- Peta administrasi Kota Surakarta dari Bappeda Kota Surakarta.
- Data sebaran sampel suhu di Kota Surakarta.

2. Peralatan

- Perangkat Keras (*Hardware*)
 - Laptop *Lenovo* (*Intel*® *Core*™ *i3-3310M* CPU @ 2.40GHz , ~2.4GHz, RAM 2GB, OS *Windows 8 Enterprise* 64-bit, X64-based processor
 - Infrared Thermometer*
 - Digital Thermometer*
 - Kamera
- Perangkat Lunak (*Software*)
 - Envi Classic* 5.1
 - ArcGIS* 10.1
 - Ms. Excel* 2013
 - Ms. Word* 2013
 - E-Draw* 7.2
 - Mobile Topographer*

III.3. Pra Pengolahan

III.3.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi Radiometrik diperlukan atas dasar dua alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran

spektral objek yang sebenarnya (Danoedoro, 2012). Koreksi radiometrik citra ditunjukkan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena *drop-out* baris maupun masalah kesalahan awal pemindaian (*scanning start*). Koreksi radiometrik yang ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya juga bisa dilakukan dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama.

III.3.2 Koreksi Geometrik

Pengoreksian geometrik dengan transformasi berdasarkan GCP dikenal dengan dua macam cara yakni koreksi geometrik dengan rektifikasi citra-ke-peta dan koreksi geometrik dengan rektifikasi citra-ke-citra. Pada penelitian ini menggunakan koreksi geometrik dengan citra-ke-peta dengan menggunakan referensi peta RBI Kota Surakarta skala 1:25.000 yang didapat dari website resmi BIG (Badan Informasi Geospasial). Akurasi koreksi geometrik dapat disajikan dalam standar deviasi (*Root Mean Square Error*) per unit piksel. Nilai RMSE yang memenuhi syarat untuk koreksi geometrik adalah kurang dari 1.

III.4. Cloud Masking

Tahapan *cloud masking* dibagi menjadi lima yakni sebagai berikut:

1. Membuat klasifikasi nilai spektral pada *band QA*
2. Konversi ke *binary*
3. Lakukan *reclassify* untuk daerah tutupan awan
4. *Resize* data hasil *reclassify*
5. Lakukan proses *masking*

III.5. Pengolahan NDBI

Pengolahan kawasan terbangun dengan menggunakan algoritma NDBI menggunakan data gelombang inframerah tengah dan inframerah dekat (NIR), yakni *band 4* dan *band 5* pada citra Landsat 5-TM serta *band 5* dan *band 6* pada citra Landsat 8-OLI. Algoritma NDBI tersebut menggunakan data DN yang telah dikonversi pada spektral reflektan, kemudian dilakukan klasifikasi untuk hasil kerapatan pemukiman. Berikut klasifikasi NDBI.

Tabel 2 Klasifikasi NDBI

No	Kelas	Kerapatan
1	-1 – 0	Non Pemukiman
2	0 – 0,1	Pemukiman jarang
3	0,1 – 0,2	Pemukiman rapat
4	0,2 – 0,3	Pemukiman sangat rapat

III.6. Pengolahan Data Suhu

Pengolahan suhu menggunakan metode *Land Surface Temperature* dengan algoritma *Mono-window Brightness Temperature*. Landsat 5 menggunakan *band 6* sedangkan Landsat 8 menggunakan *band 10*. Terdapat 4 tahapan dalam pengolahan data suhu ini, yakni sebagai berikut:

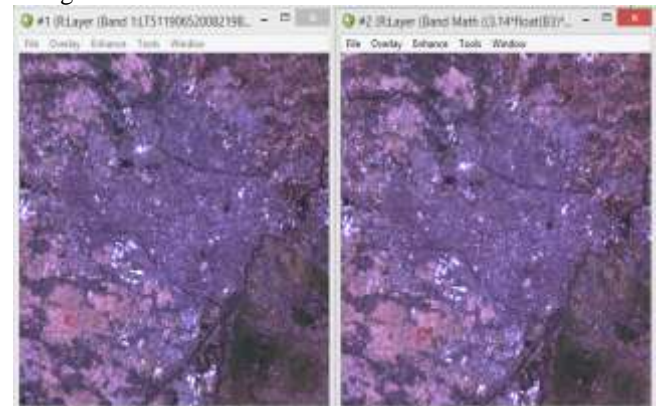
1. Konversi *Digital Number* ke dalam Radian Spektral
2. Konversi Radian Spektral menjadi Kelvin
3. Konversi suhu dalam satuan Kelvin menjadi Celcius
4. Klasifikasi suhu permukaan

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Hasil Koreksi Radiometrik

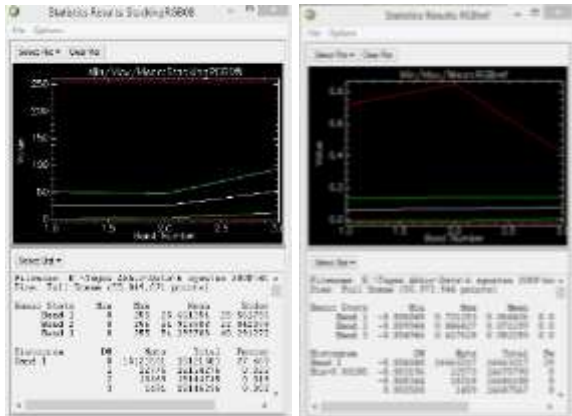
Koreksi radiometrik pada pengolahan citra satelit merupakan proses pengoreksian dengan cara mengubah nilai digital number menjadi nilai reflektan. Koreksi ini bisa disebut dengan operasi kosmetik citra, karena didalamnya tercakup proses pemolesan wajah citra supaya layak pakai. Proses ini juga dapat dipandang sebagai upaya membangun kembali kenampakan spektral. Koreksi radiometrik sebenarnya ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya, dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama.

Faktor gangguan atmosfer dapat dihilangkan dengan koreksi atmosfer pula. Koreksi atmosfer sebenarnya merupakan turunan metode dari koreksi radiometrik dari kategori koreksi yang mempertimbangkan faktor-faktor luar yang berpengaruh terhadap kesalahan informasi yang ada pada citra. Citra yang telah dilakukan koreksi radiometrik maupun telah terkoreksi atmosferik akan terlihat lebih terang atau jelas dibandingkan dengan sebelum dilakukan koreksi. Berikut hasil citra satelit sebelum dan setelah dilakukan koreksi radiometrik sebagai berikut:



Gambar 4 Sebelum dan sesudah dikoreksi radiometrik pada data citra Landsat 2008

Nilai *Digital Number* (DN) yang telah menjadi nilai reflektan atau yang telah terkoreksi radiometrik dapat dilihat pada data statistik. Data statistik citra tersebut akan menampilkan rentang nilai radian hasil dari koreksi radiometrik yang telah dilakukan pada pengolahan. Berikut merupakan hasil dari pengecekan statistik citra sebelum dan sesudah dilakukan koreksi radiometrik.



Gambar 5 Hasil statistik sebelum dan sesudah dilakukan koreksi radiometrik tahun 2008



Gambar 7 Hasil cloud masking tahun 2015

IV.2. Hasil Koreksi Geometrik

Penelitian ini, koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan 10 titik GCP yang menyebar merata pada lokasi studi kasus penelitian. Persamaan yang digunakan yakni polinomial karena lokasi penelitian menggambarkan kondisi topografi dengan wilayah bermedan yang relatif datar.

Proses ini menggunakan referensi peta RBI Kota Surakarta dengan skala 1:25.000. Akurasi hasil koreksi geometrik (RMSE) harus kurang dari 1 piksel (>1) agar dapat dinyatakan telah lolos sebagai citra yang telah terkoreksi (Purwadhi, 2001). Berikut merupakan hasil dari nilai RMSE citra terkoreksi.

Tabel 3 Hasil RMSE GCP

No	Tahun Citra	RMSE GCP (piksel)
1	2008	0,0725
2	2013	0,11965
3	2015	0,106038
4	2017	0,044

IV.3. Analisis Hasil Cloud Masking

Pengolahan *cloud masking* ditujukan untuk menghilangkan tutupan awan yang menutupi daerah penelitian. Tutupan awan yang ada pada data citra satelit sebaiknya dilakukan *masking* karena akan menghasilkan suhu yang sangat rendah yang tidak mungkin dialami oleh daerah tropis seperti negara Indonesia, terkhusus untuk lokasi penelitian yakni Kota Surakarta. Berikut merupakan hasil proses *cloud masking* pada tiga data citra satelit yang memiliki tutupan awan.



Gambar 6 Hasil cloud masking tahun 2013

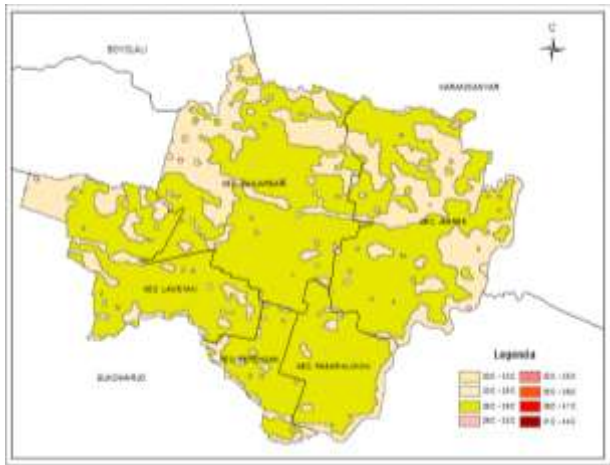


Gambar 8 Hasil cloud masking tahun 2017

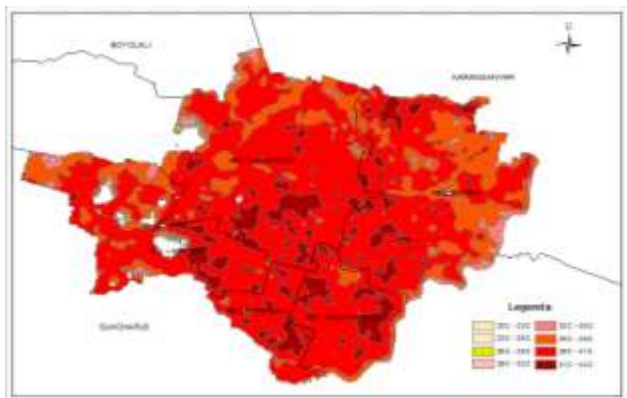
Penelitian kali ini dibutuhkan empat data tahun yang berbeda yakni tahun 2008, 2013, 2015 dan 2017. Pada tahun 2008 tidak terdapat tutupan awan sehingga tidak perlu dilakukan proses *cloud masking* sedangkan ditiga tahun selanjutnya terdapat tutupan awan yang perlu dihilangkan sehingga tidak menimbulkan efek ambigu pada informasi yang akan dihasilkan. Daerah sebelum dan sesudah dilakukan *cloud masking* akan menghasilkan jumlah luasan daerah yang berbeda. Hal ini dikarenakan tutupan awan akan menghilangkan informasi di daerah tersebut sehingga jumlah luasanpun ikut berkurang. Perihal ini perlu ditinjau kembali untuk memastikan lokasi penelitian dalam luas yang sebenarnya.

IV.4. Analisis Suhu Permukaan

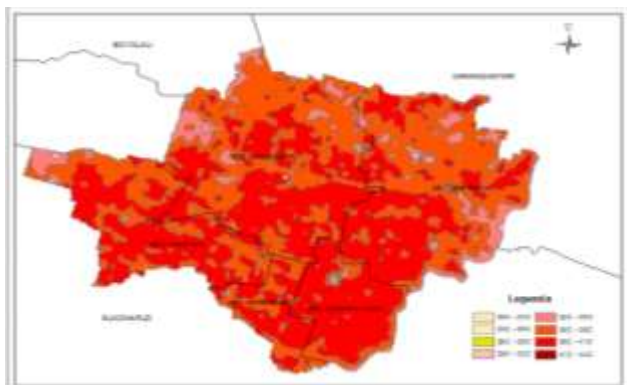
Penelitian suhu permukaan dimaksudkan untuk mengetahui perubahan suhu permukaan dalam empat tahun pengamatan dengan menggunakan algoritma *mono-window brightness temperature*. Klasifikasi suhu permukaan terbagi atas delapan kelas suhu. Berikut hasil suhu permukaan di Kota Surakarta.



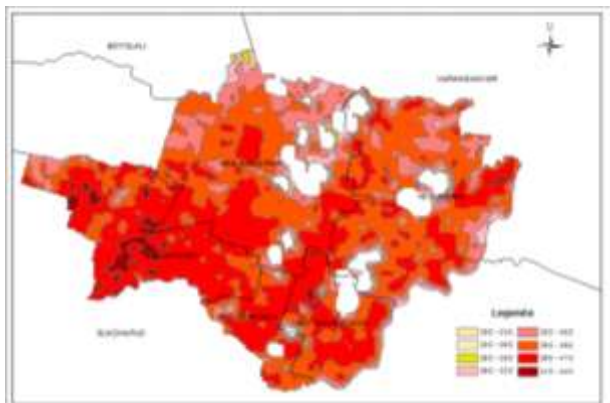
Gambar 9 Hasil Suhu Permukaan Tahun 2008



Gambar 10 Hasil Suhu Permukaan Tahun 2013



Gambar 11 Hasil Suhu Permukaan Tahun 2015

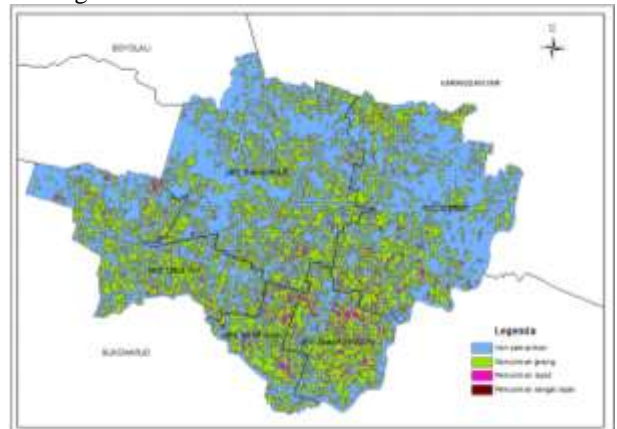


Gambar 12 Hasil Suhu Permukaan Tahun 2017

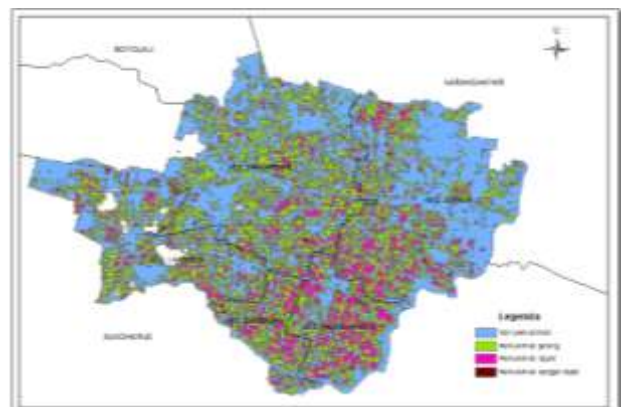
Gambar 9-12 menunjukkan suhu permukaan pada tahun 2008 terlihat dominan warna kuning yang menyatakan bahwa suhu permukaan Kota Surakarta ditahun ini masih relatif sejuk. Sedangkan di tahun 2013 hingga 2017 terlihat dominan warna merah yang menyatakan suhu permukaan tinggi. Suhu permukaan dari tahun 2008 ke tahun 2013 mengalami kenaikan, namun mengalami penurunan hingga tahun 2017 . hal ini dikarekanan kualitas citra pada tahun 2017 buruk yang disebabkan karena adanya tutupan awan. Suhu permukaan tertinggi berada pada tahun 2013 dengan sebaran kelas suhu 41°C-44°C paling tinggi dibanding dengan tahun lainnya.

IV.5. Analisis NDBI

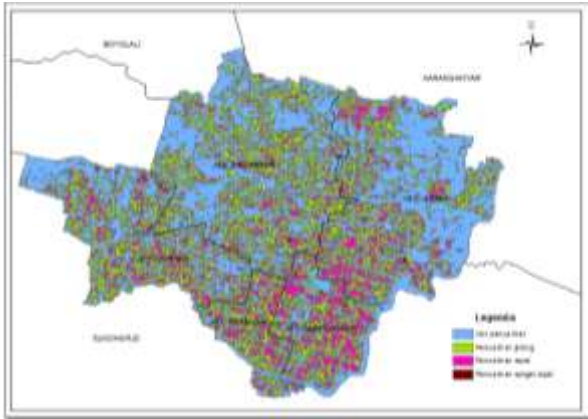
Penelitian kawasan terbangun (NDBI) dimaksudkan untuk melihat perubahan pembangunan di Kota Surakarta dengan menggunakan data empat tahun pengamatan. Klasifikasi NDBI terbagi atas empat kelas. Berikut merupakan hasil kawasan terbangun di Kota Surakarta.



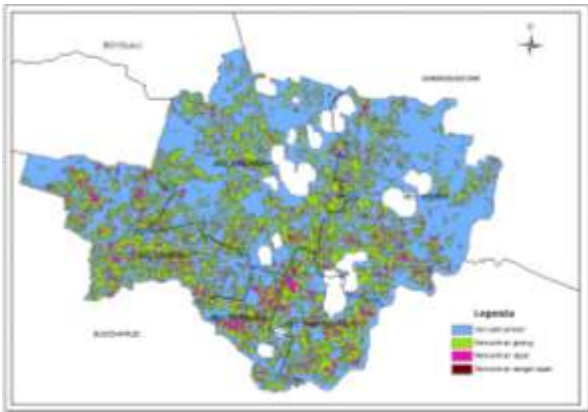
Gambar 13 Hasil NDBI Kota Surakarta Tahun 2008



Gambar 14 Hasil NDBI Kota Surakarta Tahun 2013



Gambar 15 Hasil NDBI Kota Surakarta Tahun 2015



Gambar 16 Hasil NDBI Kota Surakarta Tahun 2017

Gambar 13-16 menunjukkan hasil kawasan terbangun (NDBI) dalam empat tahun yang berbeda. Pada tahun 2008 terlihat warna biru sangat dominan. Warna biru tersebut menggambarkan daerah non-pemukiman. Kemudian kawasan yang berwarna merah mudah yang merupakan daerah pemukiman rapat cakupannya lebih sedikit. Sedangkan ditahun 2013 kawasan yang berwarna merah mudah cakupannya lebih besar dibandingkan tahun 2008.

Gambar 10, tahun 2015 tidak terjadi perubahan yang signifikan dari tahun sebelumnya. Luasan kelas pemukiman ditahun 2015 meningkat dikarenakan pada tahun 2013 terdapat objek yang tidak bisa diklasifikasikan. Pada tahun 2017 kawasan yang berwarna hijau dan berwarna merah mudah yang berarti kelas pemukiman jarang dan pemukiman rapat, luasannya berkurang dari tahun sebelumnya serta terdapat banyak objek yang tidak bisa diklasifikasikan karena tertutupi oleh awan. Hal ini dapat terjadi karena citra satelit yang digunakan pada tahun 2017 kurang baik sehingga mempengaruhi saat proses pengklasifikasian kawasan terbangun.

IV.6. Analisis Hubungan Perubahan Kawasan Terbangun dengan Suhu Permukaan

Pada perubahan kawasan terbangun terlihat berbeda di tahun 2008, 2013, hingga 2015 karena untuk kelas non-pemukiman mengalami penurunan serta kelas pemukiman rapat dan pemukiman sangat rapat mengalami kenaikan. Sedangkan di tahun 2017, kelas non-pemukiman mengalami kenaikan yang

lumayan besar dan kelas lainnya mengalami penurunan dibanding tahun lainnya.



Gambar 17 Grafik Hubungan Suhu Permukaan Rata-rata dengan Kelas Kawasan Terbangun

Suhu permukaan rata-rata ditahun 2013 lebih tinggi dibanding dengan tahun 2015, sedangkan jumlah kerapatan kawasan terbangun ditahun 2015 lebih tinggi dibanding tahun 2013. Hal ini dikarenakan terdapat aspek lain yang mengakibatkan suhu permukaan ditahun 2013 lebih tinggi. Salah satu penyebab hal tersebut adalah perbedaan curah hujan pada kedua tahun tersebut. Menurut BPS Surakarta, banyaknya curah hujan ditahun 2015 sebesar 3431,4 mm, sedangkan ditahun 2013 sebesar 2615,8 mm. Aspek lain juga terdapat pada kejadian darurat kabut asap bulan juni 2013 yang dampaknya bukan hanya dirasakan di Indonesia tetapi juga seluruh Asia Tenggara. Aspek ini mengakibatkan citra-citra satelit dengan cukup dramatis menggambarkan banyaknya asap polutan yang dilepaskan ke atmosfer, yang juga berkontribusi kepada perubahan iklim yang diberitakan oleh World Resources Institute tahun 2014.

Hasil persamaan regresi linear ditiap tahun pengamatan menyatakan adanya hubungan antara perubahan kawasan terbangun dengan suhu permukaan. Pada tahun 2008 menghasilkan persamaan $y = 6,4543x + 26,354$ (55,68%). Pada tahun 2013 menghasilkan persamaan $y = 13,578x + 38,795$ (69,05%). Pada tahun 2015 menghasilkan persamaan $y = 10,267x + 37,861$ (65,14%), sedangkan ditahun 2017 menghasilkan persamaan $y = 13,14x + 37,787$ (57,99%). Semua persamaan yang dihasilkan bernilai positif yang berarti hubungan tersebut berbanding lurus. Nilai koefisiensi yang dihasilkan lebih dari 50%.

IV.7. Analisis Validasi Lapangan

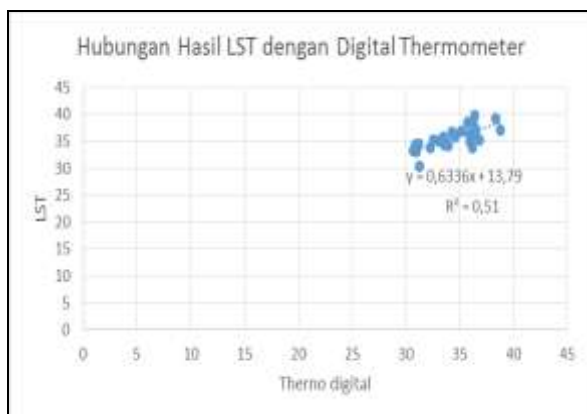
Survei lapangan atau biasa disebut dengan validasi lapangan dibutuhkan untuk melihat kondisi hasil penelitian langsung yang ada di lapangan. Kegiatan ini juga diperlukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan atau persamaan yang didapatkan dari hasil olahan citra digital dengan kejadian dilapangan. Validasi lapangan dilakukan pada awal bulan mei sampai akhir bulan mei 2017. Pengecekan suhu dilapangan menggunakan alat

thermometer infrared dan *digital thermometer*. Untuk mengetahui hubungan hasil pengolahan suhu LST dengan suhu dari validasi lapangan dapat menggunakan uji regresi linear sederhana. Berikut merupakan hasil regresi linear sederhana dari hubungan pengolahan suhu LST dan suhu lapangan Kota Surakarta.



Gambar 18 Hubungan antara suhu pengolahan LST dengan suhu lapangan dengan *thermometer infrared*

Gambar 18 menjelaskan hubungan hasil pengolahan suhu LST dengan suhu lapangan menggunakan alat *thermometer infrared* yang menghasilkan persamaan regresi yaitu $y = 0,495x + 19,29$. Tanda positif pada persamaan tersebut menyatakan adanya hubungan yang berbanding lurus antara LST dengan suhu lapangan dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,4511 atau 45,11%.



Gambar 19 Hubungan antara suhu pengolahan LST dengan suhu lapangan dengan *digital thermometer*

Gambar 19 menjelaskan hubungan hasil pengolahan suhu LST dengan suhu lapangan menggunakan alat *digital thermometer* yang menghasilkan persamaan regresi yaitu $y = 0,6336x + 13,79$. Tanda positif pada persamaan tersebut menyatakan adanya hubungan yang berbanding lurus antara LST dengan suhu lapangan. dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,51 atau 51%.

Validasi lapangan kawasan terbangun dilakukan untuk mencocokkan kelas NDBI hasil pengolahan dengan yang ada dilapangan. Pengecekan ini dilakukan dengan uji matriks konfusi dan menghasilkan nilai OA 74% dengan nilai κ

statistic sebesar 79%. Hasil tersebut telah memenuhi syarat yakni lebih dari 70% sebagai nilai yang valid (Purwadhi, 2001)

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

1. Perubahan suhu yang terjadi di Kota Surakarta dengan menggunakan empat tahun penelitian yang berbeda menghasilkan hasil yang variatif. Pada tahun 2008 hanya terdapat empat kelas suhu yakni suhu 20°C-23°C sampai dengan suhu 29°C-32°C. Di tahun 2013 kelas suhu bertambah sampai dengan suhu 41°C-43°C. Di tahun 2017 tidak terdapat lagi daerah yang memiliki suhu terendah 20°C-23°C tetapi suhu terendah dimulai dari suhu 26°C-29°C sampai dengan suhu 41°C-43°C. Untuk suhu tertinggi dari tahun 2015 meningkat di tahun 2017 yakni suhu 41°C-43°C memiliki luas 103,5 ha.
2. Hasil uji regresi linear sederhana yang diteliti, hubungan antara suhu permukaan dengan indeks kawasan terbangun menghasilkan persamaan $y = 6,4543x + 26,354$ dengan pengaruh hubungan sebesar 55,68%, ditahun 2008 yang berarti terdapat hubungan berbanding lurus. Pada tahun 2013 menghasilkan hubungan persamaan regresi $y = 13,578x + 38,795$ dengan pengaruh hubungan sebesar 69,05%, ditahun 2015 menghasilkan hubungan persamaan regresi $y = 10,267x + 37,861$ dengan pengaruh hubungan sebesar 65,14%, serta ditahun 2017 menghasilkan hubungan persamaan regresi $y = 13,14x + 37,787$ dengan pengaruh hubungan 57,99%. Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat hubungan berbanding lurus antara suhu permukaan dengan indeks kawasan terbangun pada empat tahun penelitian.
3. Hasil yang didapat untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan kawasan terbangun terhadap perubahan suhu dengan menggunakan teknik *overlay* yang ditinjau tiap tahunnya. Untuk kelas non-pemukiman mengalami penurunan dari tahun 2008 ke tahun 2015 sekitar 7%, penurunan ini mengakibatkan kenaikan suhu dari suhu tertinggi yang ada di tahun 2008 hanya berada di kelas 29-32 menjadi 41°C-44°C di tahun 2013. Untuk kelas pemukiman jarang juga mengalami penurunan hingga tahun 2017, yang menyebabkan juga suhu meningkat. Untuk kelas pemukiman rapat dan sangat rapat mengalami kenaikan setiap tahunnya. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa jika pemukiman bertambah dapat mempengaruhi meningkatnya suhu di daerah tersebut.

V.2. Saran

1. Penelitian untuk menganalisis LST dan NDBI dengan metode remote sensing sebaiknya menggunakan citra satelit yang memiliki kualitas yang baik atau dengan liputan awan yang minim, tetapi lebih baik yang tidak memiliki tutupan awan agar menghasilkan sebaran suhu dan informasi yang sesuai dengan yang ada di lapangan.
2. Sebaiknya memperbanyak referensi yang berkaitan dengan penelitian memperkuat landasan teori.
3. Validasi atau survei lapangan sebaiknya dilakukan di waktu yang sama dengan tanggal perekaman citra satelit yang digunakan pada *software* agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Pengambilan sampel suhu di lapangan perlu mencoba alat lain selain *infrared thermometer* ataupun *digital thermometer* agar hasil di lapangan dapat sesuai dengan hasil olahan.
5. Sebaiknya perlu dilakukan koreksi atmosferik pada penelitian suhu permukaan, karena hasilnya akan cukup berbeda.
6. Penelitian mengenai kawasan terbangun atau NDBI juga dapat dikembangkan dengan algoritma lain yang berkaitan dengan penelitian ini termasuk EBBI, NDBal, UI serta IB

- Thoha, A.S. 2008. *Karakteristik Citra Landsat. Universitas Sumatera Utara*. Medan.
- Triyanti. 2008. *Pola Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2001 dan 2006*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- USGS. 2013. *Landsat 8 Pre-Collection Quality Assessment Band*. <https://landsat.usgs.gov/>. Diakses pada tanggal 3 januari 2017.
- WSI. 2014. *Kebakaran Hutan di Indonesia Mencapai Tingkat Tertinggi Sejak Kondisi Darurat Kabut Asap Juni 2013*. www.wri.org. Diakses pada tanggal 31 mei 2017.
- Yunus HS. 2005. *Manajemen Kota Perspektif Spasial*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Zha Y., J. Gao, S.NI. 2003. *Use Of Normalized Difference Built-Up Index In Automatically Mapping Urban Areas From TM Imagery*. *Int J remote sensing* 2003, vol. 24, no. 3, 583–594.

Daftar Pustaka

- As-syakur RA, Adnyana I WS, Arthana W, Nuarsa IW. 2012. *Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area*. *Remote Sens*. 2012, 4, 2957-2970; doi:10.3390/rs4102957.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Kota Surakarta dalam Angka*. ISSN: 0215-6164, No. Publikasi: 33726.1601, Katalog : 1102001.3372. Surakarta : CV Nuansa Fajar
- Danoedoro P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- Delarizka, Sasmito B, Hani'ah. 2016. Analisis Fenomena Pulau Bahang (Urban Heat Island) Di Kota Semarang Berdasarkan Hubungan Antara Perubahan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Multi Temporal Landsat. *Jurnal Geodesi UNDIP*. Volume 5, Nomor 4, Tahun 2016, (ISSN : 2337-845X).
- Lillesand TM., Kiefer RW. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation, 7 Edition*. Amerika Serikat : University of Minnesota
- Paine D.P. 1981. *Aerial photography and image interpretation for resource management*. Amerika Serikat : University of Michigan
- Purwadhi F.S.H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta : Grasindo.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 2*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press,1994.