

ANALISIS FENOMENA *URBAN HEAT ISLAND* SERTA MITIGASINYA (STUDI KASUS : KOTA SEMARANG)

Seprila Putri Darlina^{*)}, Bandi Sasmito, Bambang Darmo Yuwono

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : seprilaputri03@gmail.com

ABSTRAK

Kota Semarang sebagai ibukota Provinsi Jawa Tengah memiliki aktivitas pembangunan yang tinggi seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk akibat urbanisasi. Pembangunan dilakukan dengan pengalihan fungsi lahan menjadi lahan terbangun. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya suhu permukaan di Kota Semarang terutama di daerah pusat kota dan memicu terjadinya fenomena UHI.

Penelitian ini bertujuan untuk membahas fenomena *Urban Heat Island* di Kota Semarang berdasarkan hubungan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk terhadap suhu permukaan, serta merancang mitigasi UHI. Ekstraksi suhu permukaan dan tutupan lahan diperoleh dari pengolahan citra Landsat multitemporal tahun 2009, 2013, dan 2017 dengan algoritma *land surface temperature* (LST) dan klasifikasi terbimbing (*supervised*). Hasil suhu permukaan dikorelasikan dengan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk menggunakan uji regresi sederhana. Persebaran fenomena UHI diperoleh dari klasifikasi pengolahan LST dengan ambang batas UHI. Rekomendasi mitigasi UHI untuk Kota Semarang dilakukan berdasarkan tutupan lahan dan RTRW Kota Semarang.

Hasil penelitian menunjukkan hubungan perubahan suhu permukaan dengan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk. Nilai koefisien determinasi (R^2) antara perubahan suhu permukaan dengan vegetasi rapat adalah 89.80%, dengan lahan terbangun adalah 53.93%, dengan lahan terbuka adalah 3.48%, dan dengan kepadatan penduduk adalah 54.28%. Fenomena UHI di Kota Semarang berpusat di Kecamatan Semarang Tengah dan Selatan. Mitigasi UHI yang dapat dilakukan adalah modifikasi fisik bangunan, berupa penggunaan material dengan albedo tinggi, penerapan *green wall*, *green roof*, *greening parking lots*, serta penambahan vegetasi disekitar bangunan dan disepanjang jalan. Selain itu juga perlu dilakukan pengawasan terhadap perubahan fungsi lahan dan kesesuaiannya dengan RTRW Kota Semarang yang telah ditetapkan.

Kata Kunci : Kepadatan Penduduk, LST, Mitigasi UHI, RTRW Kota Semarang, Tutupan Lahan, UHI.

ABSTRACT

Semarang city as the capital of Central Java has high development activity along the increasing of population density caused by urbanization. Development is done by transferring the land function into built up area. This condition increases the surface temperature in Semarang city especially in downtown area and trigger the UHI phenomenon.

This study aims to discuss the Urban Heat Island phenomenon in Semarang City based on the relationship of land cover and population density changes to surface temperature, and then design the UHI mitigation. Surface temperature and land cover were obtained from multitemporal Landsat image processing in 2009, 2013, and 2017 using land surface temperature (LST) algorithm and supervised classification. Surface temperature results were correlated with land cover and population density changes using simple regression tests. UHI phenomenon distribution is derived from the classification of surface temperature with UHI thresholds. The recommendation of UHI mitigation is based on land cover and the urban planning of Semarang city.

The results showed the relationship of surface temperature with land cover and population density changes. The coefficient determination (R^2) values between the change of land surface temperature and vegetation was 89.80%, with built up area was 53.93%, with open land was 3.48%, and 54.28% with population density. UHI phenomenon in Semarang City is centered in Central Semarang and South Semarang Subdistrict. The mitigation of UHI phenomenon can be done with modification of the building physically, like using material with high albedo, the application of green wall, green roof, greening parking lots, and the addition of vegetation around the building and along the road. Besides, it is also necessary to monitor the change of land function and its suitability with the urban planning of Semarang City which has been determined.

Keywords: Population Density, LST, UHI Mitigation, Urban Planning of Semarang City, Land Cover, UHI.

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Kota Semarang adalah salah satu kota metropolitan terbesar di Indonesia dan sekaligus Ibukota Provinsi Jawa Tengah. Hal ini mengakibatkan Kota Semarang memiliki aktivitas yang cukup padat dan menjadi sasaran urbanisasi. Menurut BPS Kota Semarang tahun 2017 dalam kurun waktu 5 Tahun (2011-2016), kepadatan penduduk cenderung naik seiring dengan kenaikan jumlah penduduk. Kenaikan jumlah penduduk ini akan menuntut adanya pembangunan dengan pengalihan fungsi lahan terutama vegetasi menjadi lahan terbangun. Sebagai kota metropolitan Kota Semarang juga mengalami permasalahan yang kompleks seperti meningkatnya polusi akibat kendaraan bermotor, meningkatnya kepadatan bangunan, serta adanya bangunan-bangunan tinggi terutama di daerah pusat kota. Permasalahan tersebut akan menyebabkan meningkatnya suhu permukaan yang signifikan pada daerah pusat kota dibandingkan daerah pinggir kota. Perbedaan suhu yang signifikan antara wilayah pusat kota dengan pinggir kota ini disebut sebagai fenomena *urban heat island*.

Urban Heat Island (selanjutnya akan disebut UHI) atau pulau bahang adalah suatu fenomena meningkatkan suhu udara perkotaan seiring dengan meningkatnya pembangunan dan aktivitas manusia di wilayah tersebut. *Urban Heat Island* 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. Hal ini dikarenakan terdapat dominasi material buatan yang menampung panas (*heat storage*) di wilayah kota. Dominasi material buatan menyebabkan terperangkap radiasi matahari sehingga suhu disekitarnya semakin tinggi (Badriyah, 2014).

Fenomena UHI merupakan suatu bentuk kerusakan lingkungan berupa penurunan kualitas udara, hal ini berpengaruh terhadap kesehatan manusia, penggunaan energi, dan perubahan iklim (Lai dan Cheng, 2009; Ng dan Ren, 2017; Road et al., 2010; Skelhorn et al., 2016; Stone et al., 2010; Tan et al., 2010 dalam Fawzi I.N., 2017). Oleh karena itu perlu dirancang mitigasi UHI untuk meminimalisir dampak yang dapat terjadi. Berbagai alternatif mitigasi telah diterapkan terutama di kota-kota besar. Namun, pada penelitian ini difokuskan pada modifikasi fisik bangunan berupa penambahan vegetasi dengan penggunaan *green roof*, *green wall*, dan penggunaan material dengan albedo tinggi. Rancangan mitigasi disusun dengan memperhatikan tutupan lahan dan rancangan RTRW pada daerah yang mengalami fenomena UHI.

Teknologi penginderaan jauh termasuk salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menganalisa fenomena UHI. Dengan adanya citra satelit dan algoritma pengolahan memungkinkan untuk dilakukan pengamatan pada kota Semarang dengan temporal

yang berbeda. Citra Landsat dapat digunakan untuk mengetahui perubahan tutupan lahan dan persebaran suhu permukaan di Kota Semarang. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk menganalisa fenomena *urban heat island* di Kota Semarang guna merancang rekomendasi mitigasinya.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perubahan suhu, tutupan lahan, dan kepadatan penduduk di Kota Semarang pada tahun 2009, 2013, dan 2017?
2. Bagaimana hubungan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk dengan suhu permukaan dan pengaruhnya terhadap fenomena UHI?
3. Bagaimana rekomendasi mitigasi fenomena *Urban Heat Island* di Kota Semarang?

I.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Segi Keilmuan

Manfaat dari penelitian ini dibidang keilmuan adalah menerapkan teknologi penginderaan jauh sensor pasif untuk analisis fenomena *urban heat island* berdasarkan perubahan tutupan lahan menggunakan metode Klasifikasi Terbimbing dan analisis perubahan suhu permukaan menggunakan algoritma *Land Surface Temperature (LST)*.

2. Segi Kerekayasaan

Penelitian ini memberikan keluaran berupa peta tutupan lahan, peta suhu permukaan, peta persebaran daerah terdampak UHI, serta rancangan rekomendasi mitigasi fenomena *urban heat island* berdasarkan kondisi tutupan lahan dan RTRW Kota Semarang. Selanjutnya peta ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk rencana pembangunan di Kota Semarang oleh pihak terkait.

I.4. Batasan Masalah

Untuk mencegah pembahasan yang terlalu melebar, penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas fenomena *urban heat island* dari pengaruh perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk terhadap suhu permukaan.
2. Pengamatan dilakukan secara multitemporal pada tahun 2009, 2013, dan 2017
3. Pengolahan data dilakukan pada satu waktu per tahun
4. Koreksi radiometrik menggunakan metode ToA (*top of atmosfer*) untuk mengkonversi DN ke *radiance* dan *reflectance*.
5. Metode klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing dengan algoritma *maximum likelihood*
6. Persebaran suhu permukaan didapat dari algoritma *Land Surface Temperature*

7. Identifikasi persebaran fenomena UHI dilakukan berdasarkan hasil pengolahan LST
8. Analisa hubungan perubahan tutupan lahan dan kepadatan penduduk terhadap suhu permukaan menggunakan regresi linier sederhana
9. Rekomendasi mitigasi UHI difokuskan pada modifikasi fisik berdasarkan tutupan lahan dan peta RTRW Kota Semarang.

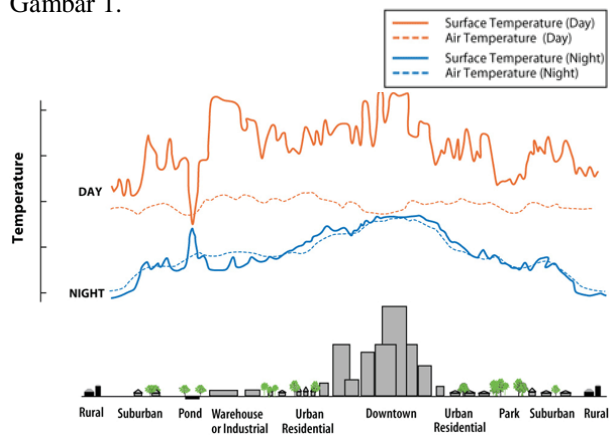
I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Wilayah yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah Kota Semarang dengan luas 373,7Km² dan letak geografis 6°50’-7°10’ LS dan 109°35’-110°50’BT yang terbagi mejadi 16 Kecamatan.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Urban Heat Island (UHI)

Urban heat island atau fenomena pulau bahang adalah suatu kondisi klimatologi dimana daerah pusat kota memiliki suhu yang lebih tinggi dari daerah pinggir kota. UHI terbentuk jika sebagian vegetasi digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan, dan infrastruktur lain yang diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan dan pertumbuhan populasi manusia. Permukaan yang tergantikan tersebut lebih banyak menyerap panas matahari dan juga lebih banyak memantulkannya, sehingga mengakibatkan suhu permukaan naik (Khomarudin, 2004 dalam Ilham G., 2016). Skema fenomena UHI dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema fenomena UHI (Epa, 2017)

Kong et al. (2014) dalam Pribadi M.A. (2015) menyatakan bahwa wilayah perkotaan merupakan daerah yang akan mengalami peningkatan suhu yang paling besar akibat perubahan iklim yang disebabkan efek UHI. Efek rumah kaca yang ditimbulkan oleh gas-gas rumah kaca (dalam konsentrasi yang besar di atmosfer) akan menjadi salah satu penyebab terjadinya fenomena *urban heat island*.

II.2. Tutupan Lahan

Tutupan lahan adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan jenis tutupan yang terdapat pada suatu lahan. Penutup lahan diartikan sebagai tutupan biofisik pada permukaan bumi yang diamati merupakan suatu hasil pengaturan, aktivitas, dan

perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tersebut (BSN, 2010). Tutupan lahan sangat erat hubungannya dengan penggunaan lahan, dimana penggunaan lahan berarti kegiatan pengaturan dari suatu jenis tutupan lahan agar dapat menghasilkan sesuatu.

II.3. Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk menunjukkan banyaknya jumlah penduduk untuk setiap kilometer persegi luas wilayah. Menurut Nur Arini (2009) dalam Setyorini Beti (2012) terjadinya pertambahan jumlah penduduk mempengaruhi proses pembangunan dan perkembangan aktivitas suatu wilayah serta meningkatnya kebutuhan akan ruang/ lahan. Seiring bertambahnya kepadatan penduduk, pengalihan fungsi lahan vegetasi menjadi lahan terbangun juga akan meningkat. Selanjutnya akan berdampak pada suhu permukaan pada daerah perkotaan.

II.4. Klasifikasi Terbimbing (Supervised)

Klasifikasi terbimbing (*supervised*) adalah klasifikasi objek pada citra dengan membuat training sampel dari masing-masing kelas objek. Klasifikasi Terbimbing *Maximum Likelihood* merupakan pengkelasan objek berdasarkan atas distribusi normal dari training sampel, distribusi normal berarti pola spektral dari kelas objek diasumsikan sebagai vektor rata-rata dan kovarian matrik, sehingga probabilitasnya berupa kurva normal. Pada algoritma ini piksel dikelaskan sebagai sebagai objek tertentu bukan karena jarak ekuidistannya melainkan oleh bentuk, ukuran, dan orientasi sampel pada *feature space* (yang berbentuk elipsoida) (Shresta, 1991 dalam Danoedoro, P. 2012).

II.5 Land Surface Temperature

Suhu permukaan adalah suhu bagian terluar dari suatu objek, pada saat suatu benda menyerap radiasi maka suhu permukaan benda tersebut akan meningkat. Suhu permukaan sangat dipengaruhi oleh jumlah radiasi yang diterima, serta sifat fisik objek itu sendiri. Objek yang memiliki emisivitas dan kapasitas panas jenis rendah sedangkan konduktivitas termalnya tinggi akan menyebabkan suhu permukaan meningkat (Wiweka, 2014).

Suhu permukaan dapat diamati dengan teknologi penginderaan jauh yaitu menggunakan citra satelit yang memiliki sensor termal, seperti Landsat 5 dan Landsat 8. Radiasi gelombang pendek dan albedo dari objek yang direkam diestimasi berdasarkan nilai spektral *radianance* yang diperoleh dari nilai *digital number*. Albedo adalah perbandingan tingkat sinar matahari yang datang ke permukaan dengan yang dipantulkan kembali ke atmosfer (Wicahyani S., Sasongko S. B., Izzati M., 2013). Radiasi dan albedo setiap jenis permukaan menentukan rona suhu yang ditangkap oleh satelit hingga menghasilkan kenampakan suhu ini direkam oleh sensor termal atau disebut suhu kecerahan (*brightness temperature*).

Selanjutnya data nilai *radianse* tersebut dapat digunakan untuk mengetahui persebaran suhu permukaan pada suatu wilayah.

II.6 Mitigasi UHI

Menurut Permendagri Nomor 33 Tahun 2006, mitigasi adalah upaya yang ditujukan untuk mengurangi dampak dari bencana baik bencana alam, bencana ulah manusia maupun gabungan dari keduanya dalam suatu negara atau masyarakat.

Mitigasi terhadap *urban heat island* perlu dirancang untuk meminimalisir dampak buruk yang dapat terjadi. Mitigasi dapat dilakukan dengan menganalisa faktor-faktor pemicu terjadinya UHI, misalnya dengan menetapkan arahan pembangunan, penggunaan model rumah atau bangunan yang ramah lingkungan, dan arahan mengurangi produksi karbon. Menurut Voogt dan Oke (2003) dalam Noviyanti E (2016) upaya pengukuran mitigasi dapat diketahui dari bentuk kota atau *city form* (material, geometri atau *geometry*, ruang terbuka hijau atau *greenspace*), fungsi kota atau *city function* (penggunaan energi atau *energy use*, penggunaan air atau *water use*, polusi atau *pollution*).

Giguere M. (2012) juga menjelaskan strategi mitigasi UHI sebagai berikut:

1. *Green wall* merupakan cara mitigasi dengan penambahan vegetasi pada dinding bangunan.
2. *Green roofs* adalah cara mitigasi dengan penambahan vegetasi pada atap bangunan.
3. *Greening parking lots* dengan melakukan penanaman vegetasi disekitar area tempat parkir atau pembuatan area parkir dengan tutupan vegetasi bukan aspal.
4. *Vegetation around building* dengan membangun taman kecil atau penanaman vegetasi disekitar bangunan.
5. *Reflective roofs* dan *reflective wall* dengan melakukan modifikasi pada material atap atau dinding untuk meningkatkan albedo.
6. *High-albedo pavement* dengan meningkatkan albedo pada trotoar atau jalan seperti memberikan pigmen yang reflektif pada aspal dan beton.

Penambahan vegetasi dianggap sebagai hal yang paling baik untuk menekan suhu, keberadaan vegetasi mampu mengurangi suhu udara rata-rata sebesar 2°C (Susca et al., 2011) hingga 4°C (Wang dan Akbari, 2016 dalam Fawzi N.I., 2017). Selain itu penggunaan material dengan albedo tinggi pada bangunan atau jalan juga dapat menurunkan suhu karena sedikit menyerap panas.

III. Metodologi Penelitian

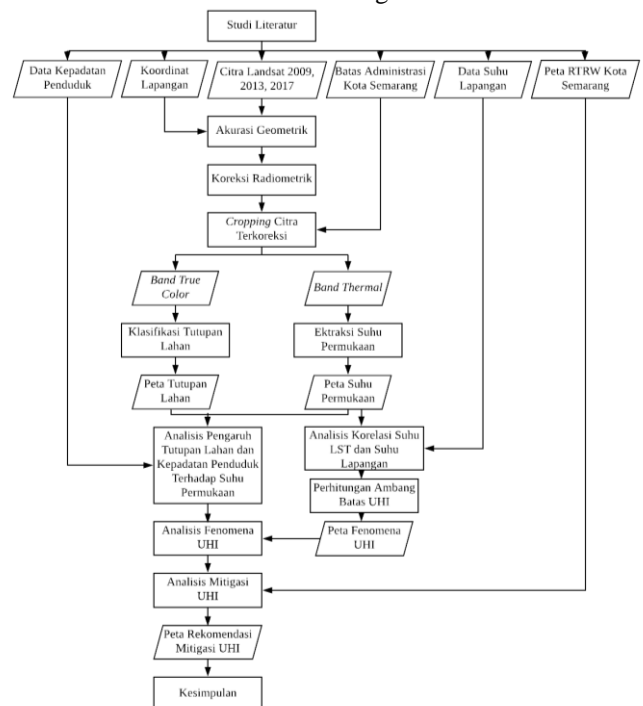
III.1. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan Gambar 2.

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Peralatan Pengolahan Data
 - a. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 1) Laptop ASUS A455L dengan spesifikasi *processor* Intel Core i5-5200, up to 2,7 GHz, RAM 8 GB, 64 bit *operating system*.
 - 2) Termometer Inframerah
 - b. Perangkat Lunak (*Software*)
 - 1) *Software* ENVI Classic 5.1 untuk pengolahan citra dan klasifikasi tutupan lahan
 - 2) *Software* ArcGIS 10.3.1 untuk pengolahan suhu permukaan, UHI, dan pengolahan SIG
 - 3) Microsoft Word 2016 untuk penyusunan laporan
 - 4) Microsoft Visio 2013 untuk pembuatan diagram alir penelitian
 - 5) Microsoft Excel 2016 untuk melakukan perhitungan kepadatan penduduk, regresi linier sederhana, dan rekap hasil pengolahan.
2. Data penelitian
 - a. Citra satelit Landsat 5 akuisisi 16 Agustus 2009
 - b. Citra satelit Landsat 8 akuisisi 27 Agustus 2013
 - c. Citra satelit Landsat 8 akuisisi 22 Agustus 2017
 - d. Data Koordinat Lapangan tahun 2018
 - e. Data Suhu Permukaan Lapangan tahun 2018
 - f. Data Jumlah Penduduk Kota Semarang tahun 2009, 2013, dan 2017.
 - g. Data Batas Administrasi Kota Semarang tahun 2011-2031
 - h. Peta RTRW Kota Semarang tahun 2011-2031



Gambar 2 Diagram alir penelitian

III.3. Pengolahan Data

III.3.1. Pengolahan Tutupan Lahan (Klasifikasi Terbimbing)

Pengolahan tutupan lahan dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu pembuatan ROI sebagai sampel, melakukan klasifikasi terbimbing (*supervised*) dengan algoritma *maximum likelihood*, serta pengecekan akurasi dari klasifikasi tutupan lahan yang dihasilkan menggunakan matrik konfusi. Pembuatan sampel mengacu pada ketentuan Campbell (2002) dalam Donoendoro P. (2012) jumlah sampel minimum adalah 100 untuk setiap kategori, lokasi daerah sampel menyebar secara merata pada seluruh tampilan citra, jumlah sampel untuk setiap kategori adalah 5- 10 buah, yang masing- masing sampel memuat 10-40 piksel.

III.3.2. Pengolahan Suhu Permukaan

Ekstraksi suhu permukaan pada citra Landsat dilakukan menggunakan sensor termal yaitu band 6 untuk Landsat 5 dan band 10 untuk Landsat 8. Pengolahan suhu permukaan mengacu pada penelitian Fawzi N. I. (2017) dengan tahapan sebagai berikut:

a. Konversi nilai *spectral radiance* menjadi suhu kecerahan (*brightness temperature*) menggunakan persamaan (USGS, 2014):

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

Keterangan:

- T = Suhu Kecerahan
- K1 = Konstanta kalibrasi radian spektral
- K2 = Konstanta kalibrasi suhu absolut
- L_λ = Nilai radian spektral

b. Menentukan nilai kerapatan vegetasi (NDVI)

Salah satu alternatif yang mudah untuk mendapatkan emisivitas permukaan (*land surface emissivity*) adalah dengan menggunakan Indeks Vegetasi, seperti NDVI (Sobrino et al., 2004; Valor dan Caselles, 1996 dalam Fawzi N.I., 2017).

Pengolahan NDVI membutuhkan *band red* (*band 3* pada Landsat 5 dan *band 4* pada Landsat 8) dan *near infrared* (*band 4* pada Landsat 5 dan *band 5* pada Landsat 8) menggunakan persamaan (2) (Juniarti E., dkk, 2017) :

$$NDVI = \frac{[NIR-RED]}{[NIR+RED]} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- NIR = Band NIR
- Red = Band Red

c. Menentukan nilai *Proportion Of Vegetation* (Pv)

Nilai Pv diperoleh dengan mengskalakan NDVI untuk meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fulks energi permukaan. Nilai Pv memiliki rentang 0-1 diperoleh dari persamaan (3.3) (Carlson & Ripley, 1997 dalam Fawzi N. I., 2014). Nilai NDVI_v = 0,90 dapat digunakan atau nilai NDVI_{maks} yang diperoleh dari statistik citra

(Jiménez-Muñoz et al., 2009 dalam Fawzi N. I., 2014), sedangkan untuk NDVIs diasumsikan sebagai NDVI_{min}.

$$Pv = \left[\frac{[NDVI]-NDVIs}{(NDVIv-NDVIs)} \right]^2 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- Pv = *Proportion Of Vegetation*
- NDVI = Hasil pengolahan NDVI
- NDVIs = Nilai NDVI tanah kosong (*bare soil*)
- NDVI_v = Nilai NDVI fraksi vegetasi 100%

d. Menentukan nilai Emisivitas (e)

Setelah mendapatkan fraksi penutup vegetasi dapat dihitung nilai emisivitas suatu wilayah. Menurut Valor & Casellers (1996) dalam Fawzi N. I. (2014) nilai emisivitas dapat dihitung menggunakan persamaan (4) dengan nilai emisivitas vegetasi ε_v = 0,985 ± 0,007, nilai emisivitas tanah ε_s = 0,960 ± 0,010, dan nilai rerata <ε> = 0,015 ± 0,008.

$$\epsilon = \epsilon v P_v + \epsilon g(1 - P_v) + 4\langle \epsilon \rangle P_v(1-P_v) \dots\dots\dots(4)$$

$$\epsilon = 0.985P_v + 0.960(1-P_v) + 0.06P_v(1-P_v) \dots\dots\dots(5)$$

keterangan:

- e = Emisivitas
- PV = *Proportion Of Vegetation*
- 0.985 = Emisivitas Vegetasi
- 0.960 = Emisivitas Tanah
- 0.06 = 4xε (nilai rerata)

e. Menghitung nilai suhu permukaan (*Land Surface Temperature*)

$$TS = \frac{T}{\left(1 + \frac{\lambda T}{\rho} \ln \epsilon\right)} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- TS = Suhu permukaan
- T = Suhu kecerahan
- λ = Panjang gelombang tengah band thermal (Landsat 5 = 11.45 μm; Landsat 8 = 10.8 μm)
- ρ = Ketetapan 1.438 x 10⁻² mK
- e = Nilai emisivitas

III.3.3. Identifikasi Fenomena *Urban Heat Island*

Identifikasi fenomena UHI dilakukan dengan metode penginderaan jauh berdasarkan ambang batas hasil pengolahan suhu permukaan (LST) tahun 2017. Dari data suhu permukaan dilakukan identifikasi fenomena UHI dengan mengurangkan dengan nilai ambang batas UHI menurut Ma et al. (2010) dalam Fawzi, N. I. (2017).

$$T > \mu + 0,5 \alpha \dots\dots\dots(7)$$

$$0 < T \leq \mu + 0,5 \alpha \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- T = Suhu permukaan (LST)
- μ = Nilai rata-rata suhu permukaan
- α = Standar deviasi suhu permukaan

Persamaan (7) menunjukkan daerah yang tidak terdampak UHI, sedangkan persamaan (8) menunjukkan

daerah yang terdampak UHI. Nilai μ dan α dapat dilihat pada statistik citra hasil pengolahan LST.

III.3.4. Kepadatan Penduduk Kota Semarang

Kepadatan penduduk Kota Semarang dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan luas Kota Semarang, dapat dilihat pada Tabel 1.

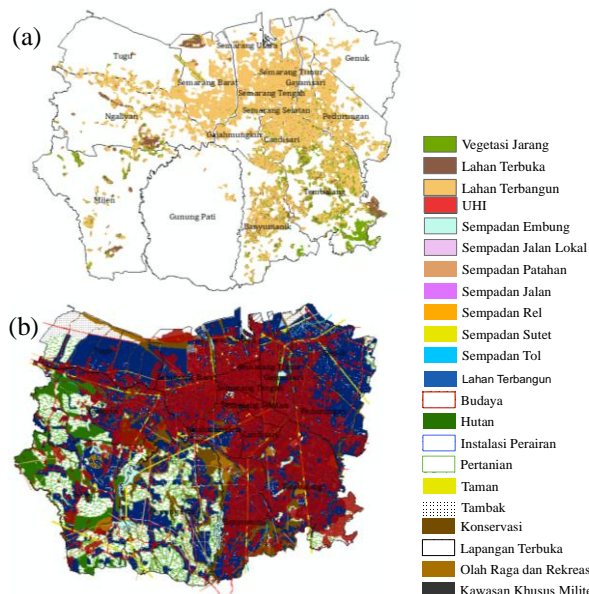
Tabel 1. Kepadatan penduduk Kota Semarang

Tahun	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)	% Kenaikan terhadap tahun 2009
2009	4032	0
2013	4207	4.325%
2017	4438	10.062%

Kepadatan penduduk Kota Semarang meningkat dari tahun 2009 yaitu 4032.4 Jiwa/Km² menjadi 4206.9 Jiwa/Km² pada tahun 2013 dan terus meningkat menjadi 4438.2 Jiwa/Km² pada tahun 2017. Dalam sembilan tahun terjadi peningkatan kepadatan penduduk sebanyak 405.7 Jiwa/Km². Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan kepadatan penduduk dari tahun 2009 sebesar 4.325% ke tahun 2013 serta 10.062% ke tahun 2017.

III.3.5. Perancangan Mitigasi UHI

Perancangan mitigasi UHI dilakukan dengan mempertimbangan tutupan lahan untuk mengetahui kondisi permukaan dan rancangan RTRW Kota Semarang untuk mengetahui rencana tata ruang wilayah yang direncanakan oleh pemerintah pada daerah yang terdampak UHI. Peta UHI di-overlay dengan peta tutupan lahan dan Peta RTRW Kota Semarang (Gambar 3) sehingga rancangan mitigasi yang diberikan tidak menyimpang dari RTRW yang ditetapkan. Perancangan mitigasi UHI hanya difokuskan pada modifikasi fisik atau permukaan dari tutupan lahan. Untuk mempermudah analisis, RTRW Kota Semarang dikelompokkan menjadi beberapa klasifikasi sesuai Tabel 2.



Gambar 3. Overlay UHI dengan Tutupan Lahan (a) dan RTRW (b)

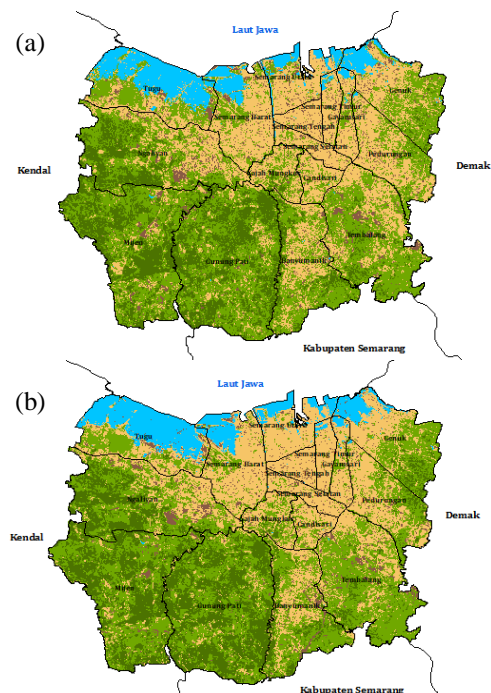
Tabel 2. Klasifikasi RTRW Kota Semarang

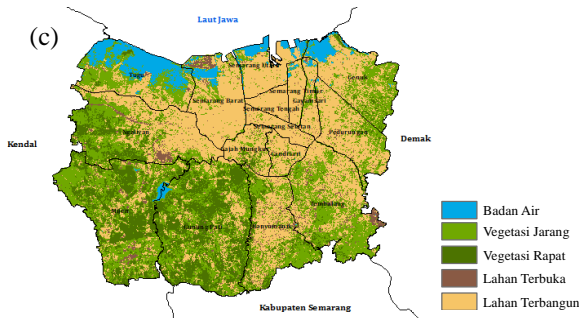
No	Klasifikasi RTRW	RTRW Detail
1	Lahan Terbangun	Bandar Udara, Campuran Perdagangan dan Jasa, Depo Pertamina, Gereja, Industri, Klinik, Masjid, PLTU Tambak Lorok, Pasar, Pelabuhan Laut, Perdagangan dan Jasa, Pergudangan, Perguruan Tinggi, Perkantoran, Pemukiman, Pemukiman Industri, Pusat Pendaratan Ikan, Puskesmas, Rumah Sakit, SD, SMP, SMA, Stasiun KA, Stasiun Kereta Api, Terminal, Vihara, Induk PLN, Rest Area
2	Instalasi Perairan	Instalasi Pengolahan Air Bersih (WTP), Instalasi Pengolahan Limbah Cair (WWTP), Kolam Penampungan Air (Retarding Basin), Waduk
3	Lapangan Terbuka	Lapangan Penumpukan, Tempat Pemakaman Khusus (TPK), Tempat Pemakaman Umum (TPU), Tempat Pembuangan Akhir (TPA)
4	Pertanian	Pertanian Lahan Basah, Pertanian Lahan Kering

IV. Hasil dan Pembahasan

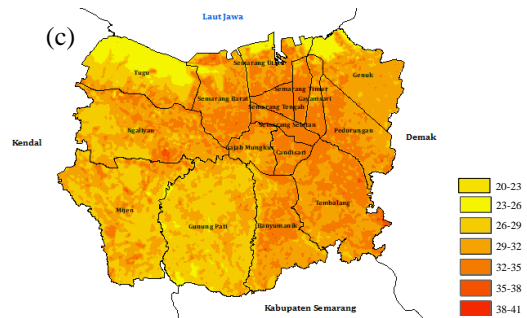
IV.1. Analisis Tutupan Lahan

Hasil klasifikasi tutupan lahan dari klasifikasi terbimbing terdapat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

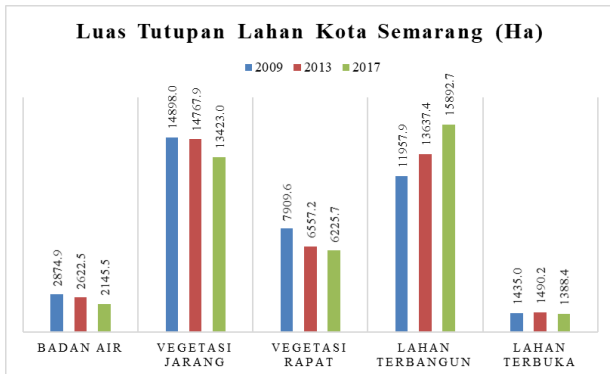




Gambar 4. Hasil klasifikasi tutupan lahan tahun 2009 (a), 2013 (b), dan 2017 (c)



Gambar 6. Persebaran suhu permukaan tahun 2009 (a), 2013 (b), dan 2017 (c)

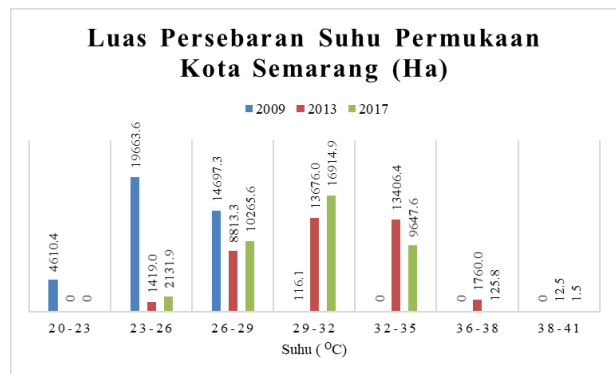
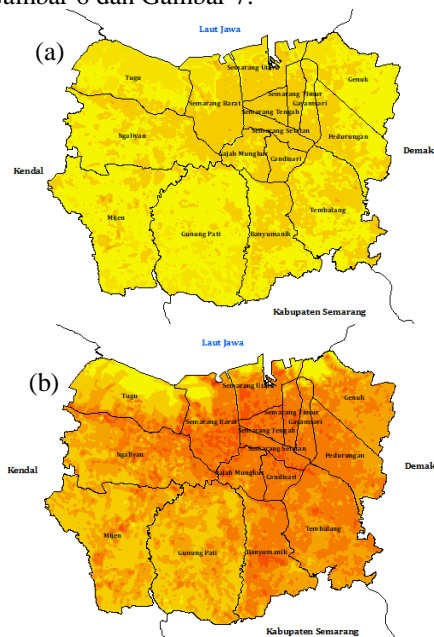


Gambar 5. Luas tutupan lahan Kota Semarang

Dari Gambar 5 dilihat perubahan tutupan lahan Kota Semarang sangat signifikan pada lahan terbangun dan vegetasi. Pada tahun 2009 dan 2013 tutupan lahan terluas adalah vegetasi rapat namun pada tahun 2017 lahan terbangun menjadi tutupan lahan paling luas dibandingkan tutupan lahan lainnya. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas pembangunan dengan pengalihan fungsi lahan vegetasi jarang ataupun rapat menjadi lahan terbangun.

IV.2. Analisis Suhu Permukaan

Pengolahan suhu permukaan memberikan hasil pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 7. Luas persebaran suhu permukaan Kota Semarang

Dari Gambar 7 dapat dilihat suhu permukaan Kota Semarang mengalami naik turun dari tahun 2009 sampai 2017. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa suhu tahun 2013 lebih tinggi dibandingkan suhu tahun 2017. Hal ini sangat terlihat pada rentang 32 °C-35 °C hingga 38 °C-41 °C bahwa luasan suhu tahun 2013 lebih tinggi dari pada tahun 2017. Tingginya suhu permukaan tahun 2013 dibandingkan tahun 2017 disebabkan oleh faktor alam. Reni Kraningtyas dari BMKG Kota Semarang dalam Nasional.Tempo (2013) menjelaskan naiknya suhu disebabkan oleh aktivitas badai Francisco di antara perairan Laut Cina Selatan dan Laut Filipina. Badai tropis itu, menimbulkan massa uap air di wilayah Indonesia, khususnya perairan Jawa. Selain itu pada bulan Agustus tahun 2013 memasuki musim kemarau, terjadi banyak peristiwa kebakaran di Kota Semarang.

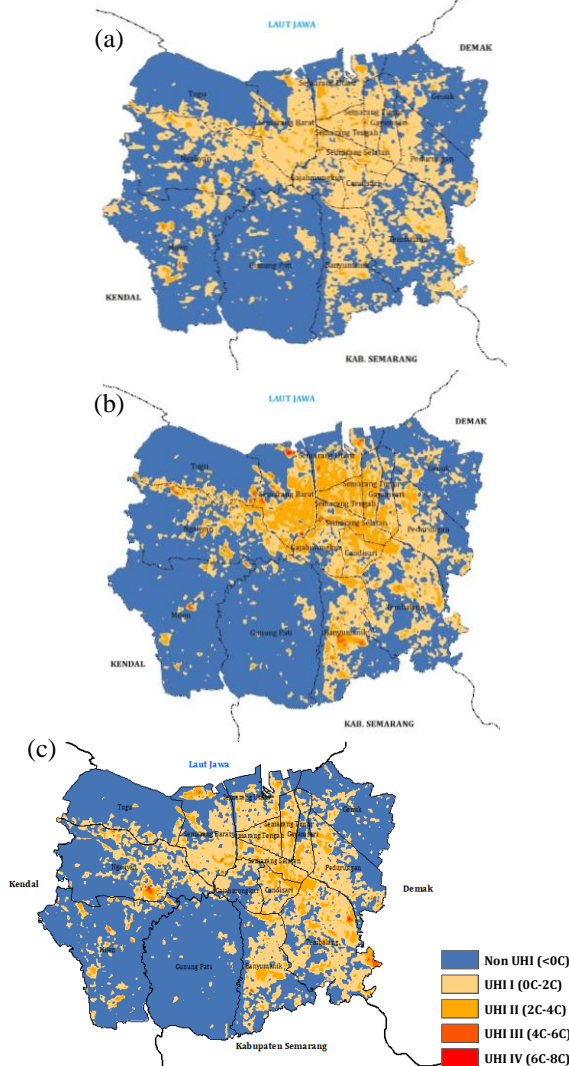
IV.3. Analisis Persebaran Fenomena UHI

Persebaran fenomena UHI (Gambar 8 dan Gambar 9) di Kota Semarang diperoleh berdasarkan nilai ambang batas dari pengolahan LST setiap tahunnya pada Tabel 3. Data suhu permukaan tahun 2009, 2013, dan 2017 diklasifikasikan berdasarkan nilai ambang UHI. Nilai yang lebih rendah dari ambang batas UHI disebut Non UHI, sedangkan yang lebih tinggi disebut UHI atau terdampak UHI. Wilayah terdampak UHI diklasifikasikan setiap 2 °C dari ambang batas UHI, nilai 0 °C- 2 °C disebut UHI I, nilai 2 °C- 4 °C disebut UHI II, hingga nilai 6 °C - 8 °C disebut UHI IV.

Tabel 3. Nilai ambang batas UHI

Tahun	Ambang Batas (°C)
2009	26.324
2013	32.289
2017	31.295

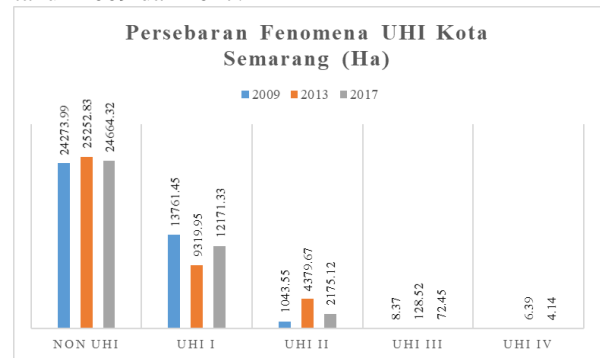
Pada Gambar 8 dapat dilihat fenomena UHI di Kota Semarang terjadi di pusat kota yaitu Kecamatan Semarang Tengah dan Selatan serta kecamatan sekitarnya yaitu Kecamatan Candisari, Semarang Timur, dan Gajahmungkur. Daerah pinggir kota, Kecamatan Pedurungan dan Tembalang juga terdampak UHI, hal ini menunjukkan adanya peningkatan pembangunan di wilayah tersebut. Kecamatan yang paling sedikit terdampak UHI adalah kecamatan Gunung Pati, Genuk dan Tugu.



Gambar 8. Persebaran fenomena UHI tahun 2009 (a), 2013 (b), dan 2017 (c)

Pada Gambar 8 dapat dilihat kategori non UHI tertinggi terdapat pada tahun 2013 kemudian tahun 2017 dan terakhir tahun 2009. Kategori UHI I didominasi oleh tahun 2009 dan terendah tahun 2013. Kategori UHI II, III, dan IV lebih didominasi oleh tahun 2013 kemudian tahun 2017, dan pada kategori UHI IV tidak terdapat tahun 2009. Hal ini menunjukkan pada tahun 2013 terdapat lebih banyak suhu dengan

selisih 2 °C sampai 8 °C dari ambang batas dibanding tahun 2009 dan 2017.



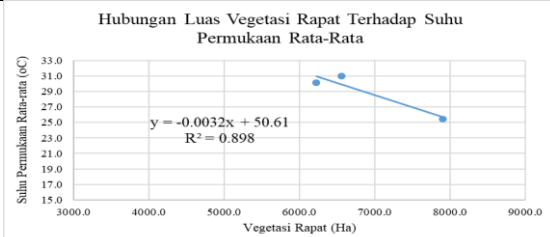
Gambar 9. Luas persebaran fenomena UHI Kota Semarang

IV.4. Analisis Uji Regresi Linier Sederhana

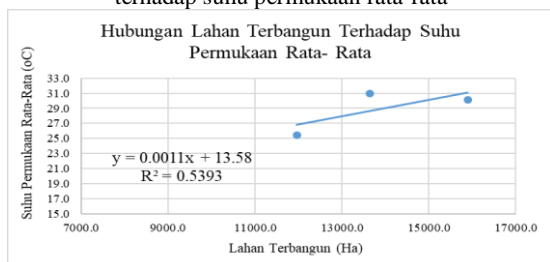
Pada penelitian ini dikaji hubungan tiga tutupan lahan (vegetasi rapat (VR), lahan terbangun (LBa), dan lahan terbuka (LBu)) dan kepadatan penduduk (KP) dengan suhu permukaan rata-rata (SPR), data kelima data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil uji regresi dapat dilihat pada Gambar 10 sampai 12.

Tabel 4. Data uji regresi linier sederhana

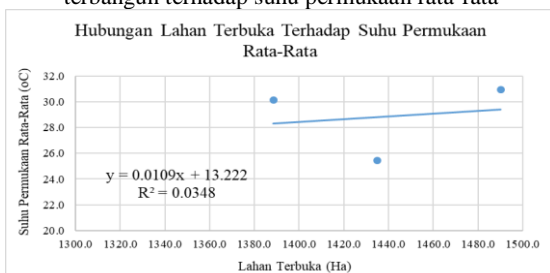
Tahun	VR (Ha)	LBa (Ha)	LBu (Ha)	KP (Jiwa/Km ²)	SPR (°C)
2009	7909.6	11957.9	1435.0	4032.4	25.5
2013	6557.2	13637.4	1490.2	4206.9	31.0
2017	6225.7	15892.7	1388.4	4438.2	30.1



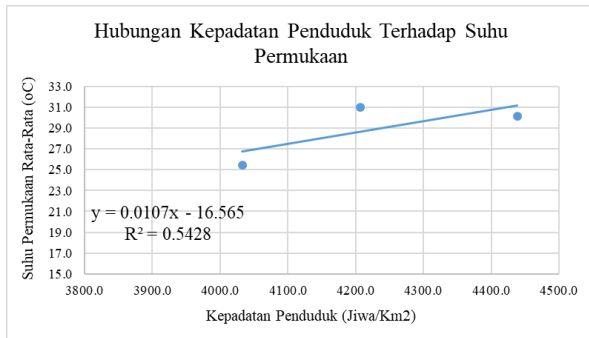
Gambar 10. Hasil regresi linier perubahan luas vegetasi rapat terhadap suhu permukaan rata-rata



Gambar 11. Hasil regresi linier perubahan luas lahan terbangun terhadap suhu permukaan rata-rata



Gambar 12. Hasil regresi linier perubahan luas lahan terbuka terhadap suhu permukaan rata-rata



Gambar 13. Hasil regresi linier perubahan kepadatan penduduk terhadap suhu permukaan rata-rata

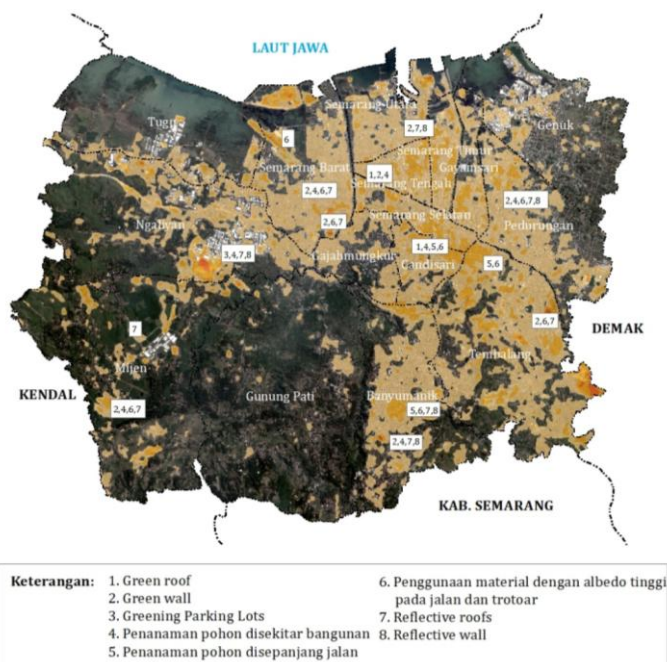
Persamaan regresi vegetasi rapat bernilai negatif (-) sehingga memiliki hubungan berbanding terbalik, sedangkan lahan terbuka, lahan terbangun, dan kepadatan penduduk bernilai positif (+) sehingga memiliki hubungan berbanding lurus dengan suhu permukaan rata-rata. Apabila luas vegetasi berkurang dan luas lahan terbuka, terbangun, dan kepadatan penduduk bertambah maka suhu permukaan rata-rata akan meningkat. Faktor yang paling mempengaruhi perubahan suhu permukaan dilihat dari besarnya nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu vegetasi rapat sebesar 89.80%, kepadatan penduduk sebesar 54.28%, lahan terbangun sebesar 53.93%, dan lahan terbuka sebesar 3.48%.

IV.5 Rekomendasi Mitigasi UHI Kota Semarang

Rekomendasi mitigasi UHI disusun berdasarkan hasil *overlay* tutupan lahan dan RTRW Kota Semarang dengan peta UHI, rangkuman *overlay* dapat dilihat pada Tabel 5. Rekomendasi mitigasi UHI dapat dilihat pada Gambar 14.

Tabel 5. Rangkuman *overlay* tutupan lahan terdampak UHI dengan RTRW Kota Semarang dan rancangan mitigasinya

Kategori UHI	Tutupan Lahan	Kecamatan Terdampak UHI	Rancangan RTRW	Mitigasi UHI
UHI I	Lahan Terbangun	Semua Kecamatan	Lahan Terbangun, Sempadan (Sutet, Jalan, Rel, Tol), Pertanian, Hutan, Lapangan Terbuka, Konservasi, Olah Raga dan Rekreasi	<i>Green wall, greening parking lots</i> , penanaman pohon di sekitar bangunan dan jalan, penggunaan material dengan albedo tinggi pada jalan dan trotoar, <i>reflective roof, reflective wall</i>
	Vegetasi Jarang	Tembalang dan Banyumanik	Pertanian, Konservasi	- (UHI terjadi di areal persawahan yang belum ditanami)
UHI II	Lahan Terbangun	Semua Kecamatan kecuali Gunung Pati	Lahan Terbangun, Sempadan (Sutet, Jalan, Rel, Tol), Pertanian, Konservasi, Hutan, Budaya, Kawasan militer, Olah Raga dan Rekreasi, Taman, Lapangan Terbuka	<i>Green roof, green wall, greening parking lots</i> , penanaman pohon di sekitar bangunan dan jalan, penggunaan material dengan albedo tinggi pada jalan dan trotoar, <i>reflective roof, reflective wall</i>
	Lahan Terbuka	Semarang Barat, Tembalang, Ngaliyan, Mijen,	Olahraga dan Rekreasi, Konservasi, Pertanian, Hutan	Penegasan izin penggunaan lahan sesuai RTRW
	Vegetasi Jarang	Mijen, Tembalang	Pertanian	Penegasan izin penggunaan lahan sesuai RTRW
UHI III	Lahan Terbangun	Semarang Barat, Banyumanik, Tembalang, Pedurungan	Lahan Terbangun, Olahraga dan Rekreasi	<i>Green wall</i> , Penanaman pohon disekitar bangunan, <i>reflective roof</i>
	Lahan Terbuka	Ngaliyan, Semarang Barat, Tembalang, Mijen	Hutan, Koservasi, Pertanian.	Penegasan izin penggunaan lahan sesuai RTRW
UHI IV	Lahan Terbangun	Tembalang	Olah raga dan rekreasi	<i>Green wall, reflective roof, reflective wall</i>
	Lahan Terbuka	Ngaliyan	Hutan	Penegasan izin penggunaan lahan sesuai RTRW



Gambar 14. Arahkan mitigasi UHI Kota Semarang

Berdasarkan kondisi tutupan lahan dan disesuaikan dengan rencana tataguna lahan menurut RTRW, dapat disusun rancangan mitigasi UHI Kota Semarang. Pada tutupan lahan terbangun, mitigasi UHI yang dapat dilakukan berupa modifikasi fisik bangunan. Pada kawasan pemukiman padat yang minim ruang untuk penambahan vegetasi seperti pada pemukiman di Mijen, Semarang Utara dan Tembalang dapat dilakukan penerapan *green wall*, *reflective roof*, dan *reflective wall* seperti penggunaan cat berwarna putih. Pada kawasan perdagangan di Pasar Johar dan Banyumanik dapat dilakukan penerapan *green roof*, *green wall*, dan *reflective roof*. Untuk kawasan urban dengan lahan terbangun yang padat serta gedung-gedung tinggi seperti di kawasan Tugu Muda, Simpang Lima, dan Java Mall dapat diterapkan *green roof*, *green wall*, *reflective wall*, *greening parking lots*, penanaman pohon disekitar bangunan, penanaman pohon disepanjang jalan, serta penggunaan material dengan albedo tinggi pada jalan dan trotoar.

Pada daerah industri seperti pada kawasan industri Banyumanik dapat dilakukan penggunaan *reflective roofs*, *reflective wall*, *greening parking lots*, dan penanaman pohon disekitar bangunan. Penegasan peraturan mengenai pengalihan fungsi lahan di Kota Semarang juga perlu dilakukan oleh pihak terkait. Karena adanya penggunaan lahan yang tidak sesuai RTRW dan memicu fenomena UHI, seperti pada kawasan industri di Kecamatan Ngaliyan dan kawasan perumahan di Mijen seharusnya diperuntukan untuk kawasan Hutan serta pada kawasan pertambangan di Tembalang seharusnya digunakan untuk kawasan pertanian.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan suhu berdasarkan pengolahan LST menunjukkan suhu rata-rata pada tahun 2009 adalah 25.457 °C kemudian meningkat 30.959 °C pada tahun 2013 dan menurun menjadi 30.142 °C pada Tahun 2017. Perubahan tutupan lahan berdasarkan pengolahan klasifikasi terbimbing menunjukkan terjadi penurunan luasan pada tutupan lahan badan air, vegetasi jarang, dan vegetasi rapat, namun terjadi peningkatan luasan pada tutupan lahan terbangun, sedangkan lahan terbuka mengalami peningkatan ke tahun 2013 kemudian mengalami penurunan di tahun 2017. Kepadatan penduduk Kota Semarang selalu mengalami peningkatan yaitu 4032 Jiwa/Km² ditahun 2009 kemudian menjadi 4207 Jiwa/Km² ditahun 2013 dan terus meningkat menjadi 4438 Jiwa/Km² ditahun 2017.
2. Persamaan regresi perubahan lahan terbangun, lahan terbuka, dan kepadatan penduduk bernilai (+) atau berbanding lurus dengan perubahan suhu permukaan, sehingga semakin meningkat perubahan ketiga faktor tersebut semakin meningkat juga suhu permukaan, sedangkan perubahan vegetasi bernilai (-) menunjukkan hal sebaliknya. faktor yang paling mempengaruhi perubahan suhu adalah perubahan vegetasi rapat (89.80%), kepadatan penduduk (54.28%), lahan terbangun (53.93%), perubahan lahan terbuka (3.48%).
3. Pada kawasan pemukiman padat seperti di Kecamatan Mijen dan Semarang Utara dilakukan *green wall*, *reflective roof*, dan *reflective wall* seperti penggunaan cat berwarna putih. Untuk kawasan urban dengan lahan terbangun yang padat serta gedung-gedung tinggi seperti di kawasan Tugu Muda, Simpang Lima, dan Java Mall dapat diterapkan *green roof*, *green wall*, *reflective wall*, *greening parking lots*, penanaman pohon disekitar bangunan dan jalan, serta penggunaan material dengan albedo tinggi pada jalan, trotoar dan bangunan. Pada daerah industri seperti pada kawasan industri Banyumanik dapat dilakukan penggunaan *reflective roofs*, *reflective wall*, *greening parking lots*, dan penanaman pohon disekitar bangunan. Selain itu juga perlu dilakukan pengawasan terhadap perubahan fungsi lahan dan kesesuaiannya dengan RTRW Kota Semarang yang telah ditetapkan..

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan masih terdapat berbagai kelemahan dan kekurangan. Untuk penelitian selanjutnya yang lebih baik, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penggunaan citra sensor termal dengan resolusi yang lebih tinggi untuk pemetaan suhu permukaan dan fenomena UHI, karena resolusi kanal termal pada citra landsat 5 dan 8 adalah 120 m dan 100 m memberikan hasil kurang optimum karena besarnya ukuran piksel.

2. Pengambilan sampel suhu sebaiknya berdekatan dengan waktu perekaman citra sehingga dapat membandingkan suhu lapangan dengan hasil pengolahan LST dengan lebih akurat.
3. Melakukan lebih banyak studi literatur mengenai langkah mitigasi UHI, serta pengkajian mitigasi UHI dari segi kondisi sosial, penggunaan energi, penggunaan air, dan polusi udara.
4. Perlu adanya penyuluhan mengenai fenomena UHI dan mitigasinya oleh pihak terkait kepada masyarakat, sehingga dampak UHI yang terjadi di Kota Semarang dapat dikurangi.
5. Dapat melakukan koreksi Atmosferik pada citra yang digunakan dengan metode BoA (*Bottom of Atmosphere*)

<https://nasional.tempo.co/read/522461/suhu-panas-di-semarang-pengaruh-hi-kesehatan-warga>.
Diakses pada 2 Mei 2018

Daftar Pustaka

- BSN, 2010. SNI 7645:2010 Klasifikasi Penutup Lahan. BSN : Jakarta
- Danoendoro P., 2012. Pengantar Penginderaan jauh Digital. Andi Offset: Yogyakarta
- Fawzi N.I., 2014. Pemetaan Emisivitas Permukaan Menggunakan Indeks Vegetasi. Jurnal Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh UGM : Yogyakarta
- Fawzi N.I., 2017. Mengukur Urban Heat Island Menggunakan Penginderaan Jauh, Kasus Di Kota Yogyakarta. Jurnal Program Konservasi Yayasan Alam Sehat Lestari : Kayong Utara
- Giguere M., 2012. Urban Heat Island Mitigation Strategies. Institut National De Sante Publique : Quebec
- Juniarti E., Maryanto S., Susilo A., 2017. Pemetaan Suhu Permukaan Tanah Daerah Kawah Wurung, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur Dalam Penentuan Manifestasi Panas Bumi. Jurnal Magister Fisika Unbraw : Malang
- Noviyanti E., 2016. Konsep Mitigasi *Urban Heat Island* di CBD Kota Surabaya (UP. Tunjungan). Tugas Akhir Pascasarjana Arsitektur ITS: Surabaya
- Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 33 Tahun 2006 Pedoman Umum Mitigasi Bencana
- Pribadi M. A., 2015. Analisis Dan Arah Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Strategi Mitigasi UHI Di Kabupaten Karawang. Tesis IPB : Bogor
- Wiweka, 2014. Pola Suhu Permukaan Dan Udara Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. Jurnal Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh. LAPAN : Jakarta Timur

Pustaka dari Internet

- Ilham G., 2016. Pengertian Fenomena Urban Heat Island (UHI). [Http://www.Guntara.Com/2016/10/Pengertian-Fenomena-Urban-Heat-Island.Html](http://www.Guntara.Com/2016/10/Pengertian-Fenomena-Urban-Heat-Island.Html). Diakses Pada 29 November 2017
- Nasional Tempo, 2013. Suhu Panas di Semarang Pengaruhi Kesehatan Warga.