

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN KOMPOSISI VEGETASI DAN KAWASAN TERBANGUN TERHADAP SUHU PERMUKAAN (STUDI KASUS : KOTA TEGAL)

Chandra Satria Ajie Wicaksono^{*)}, Abdi Sukmono, Firman Hadi

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: chandasatriaajiewic@students.undip.ac.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk kota-kota besar semakin hari terus mengalami peningkatan. Fenomena inilah yang mendorong pemerintah dan pengembang bekerja sama untuk menyediakan tempat tinggal yang layak dengan disertai fasilitas penunjang lainnya. Adanya suatu pembangunan berdampak pada perubahan suhu permukaan, suhu udara, albedo dan radiasi global. Perubahan suhu permukaan diperlukan untuk melihat seberapa besar pengaruh perubahan luas vegetasi dan kawasan terbangun terhadap perubahan suhu yang terjadi. Pengolahan suhu permukaan menggunakan algoritma *Land Surface Temperature (LST)* dan pengolahan tutupan lahan berupa vegetasi, kawasan terbangun, perairan dan lahan kosong menggunakan klasifikasi terbimbing metode *maximum likelihood*. Perhitungan dominasi tutupan lahan Kota Tegal menggunakan matriks lanskap dengan algoritma perhitungan *Largest Patch Index (LPI)*. Analisis perubahan vegetasi, kawasan terbangun dan suhu permukaan dibatasi berdasarkan grid skala ragam dengan ukuran grid sebesar 20"x20". Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perubahan luasan pada vegetasi, kawasan terbangun dan suhu permukaan. Persamaan regresi linier berganda tahun 2013 menghasilkan persamaan $Y=25,521 - 0,014X_1 + 0,056X_2$ dengan nilai $R^2=0,715$. Tahun 2017 menghasilkan persamaan $Y=27,732 + 0,008X_1 + 0,052X_2$ dengan nilai $R^2=0,734$ dan tahun 2020 menghasilkan persamaan $Y=29,381 - 0,002X_1 + 0,055X_2$ dengan nilai $R^2= 0,736$. Regresi linier berganda yang dihasilkan menyatakan bahwa terdapat pengaruh perubahan antara vegetasi dan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan.

Kata Kunci : grid skala ragam, *Largest Patch Index (LPI)*, *maximum likelihood*, suhu permukaan

ABSTRACT

The population growth in big cities continues to increase day by day. This phenomenon is what encourages the government and developers to work together to provide a decent place to live with other supporting facilities. A development journey impacts changes in surface temperature, air temperature, and global radiation. Changes in temperature are needed to see the great influence of changes in vegetation area and built-up areas on changes in temperature that occur. Surface temperature processing uses the Land Surface Temperature (LST) algorithm and land cover processing in the form of vegetation, built-up areas, waters and vacant land uses the guided classification of the maximum likelihood method. The calculation of land cover dominance in Tegal City uses a landscape matrix with the Largest Patch Index (LPI) calculation algorithm. Analysis of changes in vegetation, built-up area and surface temperature based on a multi-scale grid with a grid size of 20 "x20". The results showed that there were changes in the area of vegetation, built-up area and surface temperature. The multiple linear regression equation in 2013 produces the equation $Y = 25.521 - 0.014X_1 + 0.056X_2$ with a value of $R^2 = 0.715$. In period 2017 resulted in the equation $Y = 27.732 + 0.008X_1 + 0.052X_2$ with a value of $R^2 = 0.734$ and in 2020 the equation $Y = 29.381 - 0.002X_1 + 0.055X_2$ with a value of $R^2 = 0.736$. The resulting multiple linear regression results that there is an effect of changes between vegetation and built-up areas on surface temperature.

Keywords : *Largest Patch Index (LPI)*, *maximum likelihood*, *multi-scale grid*, *surface temperature*

**) Penulis Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk kota-kota besar semakin hari terus mengalami peningkatan. Dalam penelitian Widiawaty (2019), menuturkan bertambahnya jumlah penduduk kota di Indonesia dapat dipengaruhi oleh fenomena urbanisasi. Fenomena inilah yang mendorong pemerintah dan pengembang bekerja sama untuk menyediakan tempat tinggal yang layak dengan disertai fasilitas penunjang lainnya. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS, 2018), persentase jumlah penduduk tertinggi di Indonesia tahun 2017 berada di Pulau Jawa dengan nilai sebesar 56,57%.

Jawa Tengah merupakan salah satu Provinsi di Pulau Jawa yang terletak berbatasan dengan Provinsi Jawa Barat, D.I Yogyakarta dan Jawa Timur. Menurut Saputra (2015), dalam penelitiannya menjelaskan tingkat urbanisasi kategori tinggi di daerah Pantura Jawa Tengah tahun 2013 terjadi di Kota Semarang dan Kota Tegal dengan nilai $>0,2000$. Kota Tegal adalah salah satu kota yang berada di jalur Pantura Jawa Tengah dengan luas wilayah sekitar atau 3.968 hektar dengan jumlah penduduk sebanyak 249.856 jiwa pada tahun 2019 lalu (BPS Kota Tegal, 2020). Perkembangan pembangunan Kota Tegal terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, terbukti dalam laporan akhir tahunan Rancangan Peraturan Daerah Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Tegal Tahun 2014-2019 bahwa disebutkan adanya peningkatan pembangunan infrastruktur berupa jaringan jalan dan jembatan, perumahan dan pemukiman serta pengembangan kawasan industri di Kecamatan Margadana dan Tegal Timur.

Pembangunan kota seringkali mengambil alih fungsi lahan lain seperti sawah, hutan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH) lainnya terutama untuk pembangunan kawasan terbangun dimana harus membutuhkan lahan yang luas sehingga berpengaruh terhadap tingkat suhu permukaan di kawasan tersebut (Nugroho, 2016). Permukaan tanah yang semula vegetasi kemudian berubah menjadi beton atau aspal untuk jalan, bangunan atau struktur lain akan lebih banyak menyerap dan memantulkan kembali cahaya matahari sehingga menyebabkan peningkatan suhu permukaan di daerah tersebut (Adiyanti, 1993). Suhu permukaan dan suhu udara dipengaruhi oleh jenis tutupan lahan yang ada, sehingga identifikasi mengenai perubahan tutupan lahan dalam penelitian ini ialah vegetasi dan kawasan terbangun menjadi penting dilakukan demi kelangsungan hidup dikemudian hari.

Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi terbimbing menggunakan citra hasil kombinasi nilai indeks untuk mengklasifikasikan tutupan lahan. Perhitungan nilai suhu menggunakan metode LST untuk mengetahui perubahan nilai suhu yang terjadi tahun 2013, 2017 dan 2020. Analisis pengaruh perubahan menggunakan regresi linier berganda yang wilayahnya dibatasi berdasarkan grid ukuran $20'' \times 20''$. Diharapkan penelitian ini dapat membantu dinas

terkait dalam mengkaji dampak akibat adanya perubahan vegetasi dan kawasan terbangun kaitannya dengan nilai suhu permukaan di Kota Tegal.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perubahan komposisi vegetasi, kawasan terbangun dan suhu permukaan di Kota Tegal pada tahun 2013, 2017 dan 2020?
2. Bagaimana pengaruh perubahan komposisi vegetasi dan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan di Kota Tegal?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini, antara lain:

- a. Mengetahui perubahan komposisi vegetasi, kawasan terbangun dan suhu permukaan di Kota Tegal pada tahun 2013, 2017 dan 2020.
- b. Mengetahui pengaruh perubahan komposisi vegetasi dan kawasan terbangun terhadap suhu permukaan di Kota Tegal.

2. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini, antara lain:

- a. Bagi mahasiswa
Memberi informasi metode pengolahan penginderaan jauh terkait tutupan lahan dan suhu permukaan.
- b. Bagi pemerintah
Memantau perkembangan pembangunan Kota Tegal setiap tahunnya dengan memperkirakan dampak pembangunan terhadap perubahan suhu yang akan terjadi.
- c. Bagi masyarakat
Memberi informasi mengenai perubahan suhu permukaan yang terjadi akibat perubahan luasan vegetasi dan kawasan terbangun.

I.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini melingkupi sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 tahun perekaman 2013, 2017 dan 2020.
2. Identifikasi suhu permukaan menggunakan metode LST (*Land Surface Temperature*).
3. Pengolahan indeks vegetasi menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), indeks kawasan terbangun menggunakan algoritma *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) dan indeks kadar air menggunakan algoritma *Normalized Difference Water Index* (NDWI).
4. Pengolahan NDVI, NDBI dan NDWI digunakan sebagai kombinasi nilai indeks citra untuk klasifikasi tutupan lahan.
5. Klasifikasi tutupan lahan berupa vegetasi, lahan terbangun, perairan dan lahan kosong

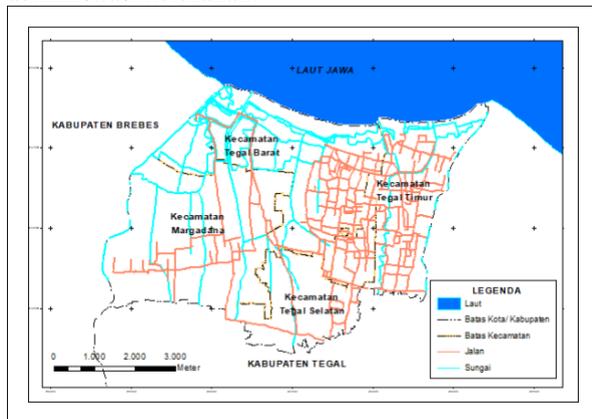
menggunakan klasifikasi terbimbing metode *maximum likelihood*.

6. Lahan kosong merupakan lahan terbuka yang tanpa bangunan atau tanaman di atasnya.
7. Pembuatan grid ukuran 20"x20" menggunakan metode grid skala ragam.
8. Analisis dilakukan berdasarkan perubahan luas vegetasi dan kawasan terbangun terhadap rata-rata suhu permukaan Kota Tegal dalam setiap grid tahun 2013, 2017 dan 2020 menggunakan metode regresi linier berganda.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Tegal (2014), Kota Tegal terletak pada 109°08' - 109°10' Bujur Timur dan 6°50' - 6°53' Lintang Selatan dan terbagi menjadi 4 Kecamatan, yaitu Kecamatan Tegal Timur, Kecamatan Tegal Selatan, Kecamatan Tegal Barat dan Kecamatan Margadana yang terbagi menjadi 27 wilayah administrasi kelurahan.



Gambar 1 Wilayah Penelitian

II.2 Vegetasi

Menurut Marsono (1997), vegetasi merupakan kumpulan dari beberapa tumbuhan yang hidup bersama dalam suatu tempat. Biasanya vegetasi terdiri dari beberapa jenis tumbuhan dan memiliki interaksi yang kuat antara tumbuhan dengan makhluk hidup lain di lingkungannya. Mengutip dari Soerianegara (1970, dalam Martono, D.S., 2012), vegetasi merupakan suatu sistem berupa tumbuh-tumbuhan yang tumbuh dan hidup secara dinamis melalui beberapa tahapan yaitu adaptasi, agregasi, persaingan dan penguasaan terhadap tempat tumbuh dan stabilitasi.

II.3 Lahan Terbangun

Menurut Yuliasuti, dkk. (2012), lahan terbangun (*built up*) merupakan lahan yang sudah mengalami pembangunan atau perkerasan meliputi bangunan, jalan, industri, fasilitas umum dan sarana prasarana lainnya. Dalam penelitian Zahrotunisa (2017) menuturkan perkembangan kota sering dikaitkan dengan perkembangan lahan terbangun karena ciri perkembangan kota ialah semakin meluasnya area terbangun.

II.4 Land Surface Temperature (LST)

Menurut Sutanto (1994), suhu permukaan didefinisikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu obyek. Suhu permukaan suatu obyek tidak sama tergantung pada sifat fisik permukaan obyek. Sifat fisik obyek tersebut adalah emisivitas, kapasitas panas jenis dan konduktivitas thermal. Dalam penginderaan jauh, suhu permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suatu suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (USGS. 2017, dalam Delarizka, 2016).

Tahapan pengolahan LST menurut Nainggolan (2020) adalah sebagai berikut:

1. Konversi nilai spectral radiance menjadi brightness temperature (suhu kecerahan)

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

Keterangan:

- T = Brightness Temperature(K)
- K1 = konstanta kalibrasi radian spektral
- K2 = konstanta kalibrasi suhu absolut
- Lλ = radian spektral

2. Klasifikasi NDVI

$$NDVI = \frac{\rho NIR - \rho Red}{\rho NIR + \rho Red} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- NDVI= tingkat kehijauan vegetasi
- NIR = band NIR (Near-Infrared Radiation)
- Red = band merah

3. Penentuan nilai *Proportion of Vegetation* (Pv)

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

Keterangan:

- Pv = *proportion of vegetation*
- NDVI= hasil pengolahan NDVI
- NDVI_s= nilai NDVI *bare soil*(tanah kosong)
- NDVI_v= nilai NDVI fraksi vegetasi 100%

4. Penentuan nilai Emisivitas (ε)

$$\epsilon = 0.985Pv + 0.960(1 - Pv) + 0.006Pv(1 - Pv) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- ε = emisivitas
- Pv = *proportion of vegetation*
- 0,985= emisivitas vegetasi
- 0,960= emisivitas tanah
- 0,06 = 4 x dε (nilai *mean*)

5. Penentuan Land Surface Temperature(LST)

$$TS = \frac{T}{\left(1 + \frac{\lambda T}{\rho} \ln \epsilon\right)} - 273 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- TS = suhu permukaan (°C)
- T = suhu kecerahan
- λ = panjang gelombang dari radiasi yang dipancarkan (nilai tengah dari band termal band 6 (Landsat 5) : 11.45 μm ; band 10(Landsat 8) : 10.89 μm)
- ρ = hc/σ (besarnya =1.438 x 10⁻² mK)
- ε = emisivitas objek

273= nilai untuk konversi suhu dalam satuan Kelvin menjadi Celcius

II.5 Indeks Vegetasi, Kawasan Terbangun dan Perairan

II.5.1 NDVI

Amliana (2016) metode NDVI merupakan metode pengolahan indeks yang digunakan untuk membandingkan tingkat kehijauan vegetasi (kandungan klorofil) pada tumbuhan. Formulasinya dapat dilihat pada rumus berikut :

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

NIR = Near-Infrared (kanal inframerah)

Red = Kanal merah

II.5.2 NDBI

NDBI merupakan indeks yang sangat sensitif terhadap lahan terbangun atau lahan terbuka yang dikembangkan untuk menonjolkan kenampakan lahan terbangun dibandingkan dengan obyek yang lainnya. Nilai rentang spektral NDBI berkisar 0,1 – 0,3 (Syakur, A., 2012 dalam Handayani M.N., 2017).

$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

NIR = Near-Infrared (kanal inframerah)

SWIR = Band Shortwave Infrared (kanal inframerah gelombang pendek)

II.5.3 NDWI

NDWI adalah indeks yang digunakan untuk memisahkan fitur air dan non-air (Wiweka, dkk. 2014 dalam Putri, D.R, dkk. 2018). Formulasinya dapat dilihat pada rumus berikut :

$$NDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{NIR}}{\rho_{Green} + \rho_{NIR}} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

NIR = Near-Infrared (kanal inframerah)

Green = Kanal hijau

II.6 Klasifikasi Terbimbing

Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi untuk mengidentifikasi lahan lewat penginderaan jauh melalui pembuatan kelas tutupan penggunaan lahan pada citra satelit yang didasarkan dari masukan operator (Kushardono, 2017). Dalam pengklasifikasian ini, terlebih dahulu dilakukan pembuatan *sample area* berdasarkan nilai digital citra sebagai kelas penggunaan lahan tertentu (Al Mukmin dkk., 2016).. Pembuatan sampel area juga didasarkan pada pengetahuan peneliti dalam mengenali daerah penelitian sehingga hasil klasifikasi dapat lebih sesuai dengan keadaan sebenarnya.

II.7 Matriks Lanskap

Menurut Farina (2000) matriks lanskap membantu menghitung komposisi dan konfigurasi, yang memiliki dua karakteristik struktur lanskap. Menurut Forman (1995, dalam Ramdhan M., 2015) *patch* merupakan suatu terminologi dasar dalam ekologi lanskap yang didefinisikan sebagai sebuah

area yang relatif homogen yang berbeda dengan sekelilingnya.

Salah satu indeks yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan *patch* adalah *largest patch index* (LPI). LPI merupakan persentase dari *patch* terbesar terhadap lanskap keseluruhan. Hasil dari LPI menunjukkan dominasi tutupan lahan yang ada disuatu area. Rentang nilai LPI berkisar antara 0<LPI≤100 dimana nilai LPI yang mendekati 0 menunjukkan *patch* terbesar dari jenis *patch* yang sesuai semakin kecil, sedangkan nilai LPI yang mendekati 100 menunjukkan bahwa *patch* terbesar mendominasi seluruh lanskap.

II.8 Sistem Grid Skala Ragam

Sistem grid adalah struktur dua dimensi berupa garis vertikal dan horisontal yang membagi suatu wilayah menjadi rangkaian sel-sel bersebelahan, dimana setiap sel memiliki suatu pengenal yang unik yang dapat digunakan untuk mempermudah pendeteksian secara spasial (Sahr dkk., 2003). Menurut Basuki dkk. (2014) kelebihan penggunaan grid skala ragam dalam analisis spasial ialah melibatkan banyak data yang terstruktur sehingga mudah dalam memahami suatu proses. Selain itu terdapat sistem penomoran grid yang dapat digunakan sebagai tanda pengenal dengan tujuan untuk memudahkan dalam mengidentifikasi suatu petak grid.

II.9 Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda digunakan untuk memprediksi berubahnya nilai variabel tertentu bila variabel lain berubah. Tujuan analisis regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan memuat prediksi / perkiraan nilai Y dan nilai X (Pratomo, dkk., 2015).

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

Y = variabel tidak bebas

b₁, b₂,...,b_n= koefisien regresi

X₁,X₂,...,X_n= variabel bebas

Persentase mengenai pengaruh antara variabel bebas dan terikat dapat diketahui melalui koefisien determinasi (R²). Nilai koefisien determinasi berkisar 0<R²<1, dimana artinya jika nilai R² mendekati 1 berarti pengaruh variabel bebas dan variabel terikat besar (Ndruru dkk., 2014).

III. Metodologi Penelitian

III.1 Data dan Peralatan Penelitian

Adapun data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Data Penelitian
 - a. Data validasi suhu permukaan tahun 2020
 - b. Data validasi tutupan lahan tahun 2020
 - c. Citra Landsat 8 tahun 2013, 2017 dan 2020
 - d. Peta RBI Kota Tegal skala 1:25.000
 - e. Batas Administrasi Kota Tegal
2. Peralatan Penelitian
 - a. Perangkat keras

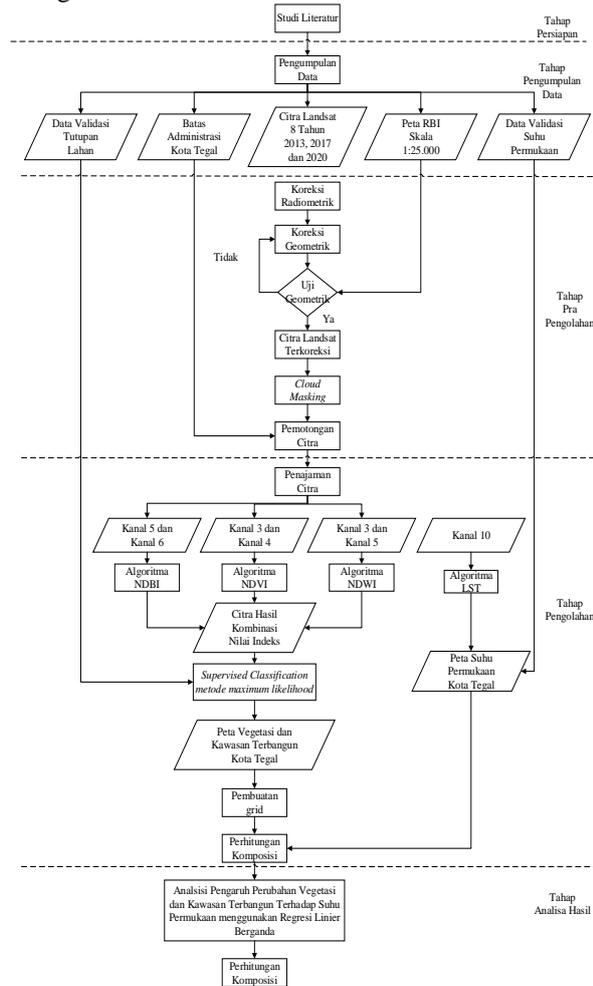
Laptop Asus A456U (Intel Core i5-7200U, Ram 4 GB, OS Windows Enterprise 64 bit), Telepon genggam Xiaomi Redmi Note 8 Pro dan Thermo Gun GM320.

b. Perangkat Lunak

ENVI Classic 5.3, QGIS 3.8.3, ArcGIS 10.3, Microsoft Office 2010, Microsoft Visio, dan SPSS 2016.

III.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

III.3 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian baik melalui media internet, buku, maupun jurnal penelitian terdahulu. Sudi literatur mengenai aspek keterbaruan yang akan dimunculkan dalam penelitian juga dilakukan agar penelitian ini memiliki keterbaruan dengan penelitian sebelumnya. Selain studi literatur dilakukan juga pengenalan lokasi penelitian baik melalui media internet maupun melalui survei lapangan.

III.4 Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua jenis, yakni data primer dan

data sekunder. Pengumpulan data primer berupa data validasi suhu permukaan dan validasi tutupan lahan dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan. Validasi lapangan dimaksudkan untuk membutuhkan kebenaran hasil pengolahan.

Data sekunder dalam penelitian ini berupa citra Landsat 8 tahun perekaman 2013, 2017 dan 2020 yang dapat diunduh di web earthexplorer.usgs.gov. Selain itu terdapat Peta RBI Kota Tegal skala 1:25.000 yang dapat diunduh di web <http://tanahair.indonesia.go.id/> dan batas administrasi Kota Tegal yang diperoleh dari BAPPEDA Kota Tegal.

III.5 Tahap Pra Pengolahan

Dalam tahap ini dilakukan empat proses yakni koreksi radiometrik, koreksi geometrik, cloud masking dan pemotongan citra. Dalam penelitian ini citra Landsat 8 dikoreksi radiometrik melalui Koreksi Top of Atmosphere (ToA). Koreksi ToA reflektansi dilakukan untuk mengkonversi nilai DN ke nilai reflektansi. Selanjutnya dilakukan koreksi geometrik citra ke peta dengan menggunakan referensi peta RBI Kota Tegal skala 1:25.000.

Pengolahan cloud masking ditujukan untuk menghilangkan tutupan awan yang menutupi daerah penelitian karena menghasilkan nilai suhu yang sangat rendah. pengolahan cloud masking pada penelitian ini menggunakan metode Band Quality Assesment (BQA). Pemotongan citra pada penelitian ini dilakukan berdasarkan data shp batas administrasi Kota Tegal yang diperoleh dari BAPPEDA Kota Tegal.

III.6 Tahap Pengolahan

III.6.1 Penajaman Citra

Penajaman citra merupakan hasil penggabungan antara citra multispektral dengan citra pankromatik yang memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi. penajaman citra dalam penelitian ini menggunakan metode transformasi brovey dengan metode resampling cubic convolution.

Menurut Wandayani. A. (2007, dalam Putri D.R., 2018), metode brovey merupakan metode penajaman citra bertujuan untuk meningkatkan nilai kontras, sehingga dihasilkan citra yang lebih terang dari segi spektral warna. Menurut Hidayati dkk. (2017) metode Brovey memiliki kelebihan dalam ukuran, bentuk, tinggi, bayangan, tekstur, situs dan asosiasi.

III.6.2 Kombinasi Nilai Indeks

Kombinasi nilai indeks merupakan penggabungan antara indeks vegetasi berupa NDVI, indeks kawasan terbangun NDBI dan indeks kadar air NDWI. Citra hasil kombinasi nilai indeks digunakan sebagai citra dasar dalam pengolahan klasifikasi terbimbing. Kombinasi ini menghasilkan citra baru dengan visualisasi yang berbeda sehingga dapat meningkatkan kemampuan visualisasi dan menginterpretasi suatu citra dalam menghasilkan klasifikasi tutupan lahan.

III.6.3 Klasifikasi Terbimbing

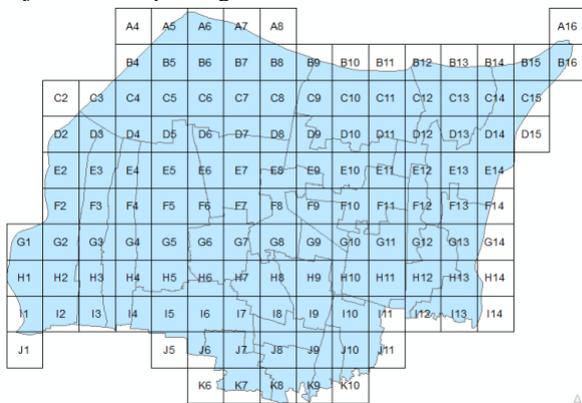
Klasifikasi tutupan lahan menggunakan hasil pengolahan klasifikasi terbimbing metode *maximum likelihood* dengan kombinasi nilai indeks NDVI sebagai *layerRed*, NDWI sebagai *layerGreen*, dan NDBI sebagai *layerBlue*. Klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini berjumlah empat kelas, yakni vegetasi, lahan terbangun, lahan kosong dan perairan. Pembuatan tutupan lahan dimaksudkan untuk membuat peta vegetasi dan lahan terbangun Kota Tegal yang nantinya akan digunakan untuk analisis.

III.6.4 Pengolahan LST

Pengolahan LST dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai suhu permukaan dengan menggunakan sensor *thermal*. Dalam penelitian ini, ekstraksi suhu Landsat 8 dilakukan pada *band TIRS (Thermal Infrared Sensor)* yaitu band 10 dan 11.

III.6.5 Pembuatan Grid

Pembuatan grid ukuran 20"x20" digunakan sebagai pembatas analisa antara daerah satu dengan daerah lainnya sehingga kedetilan informasi dapat disampaikan dengan baik. Pemilihan ukuran tersebut didasarkan pada luasan area penelitian dimana Kota Tegal memiliki luas sekitar 39,68km², sehingga agar didapatkan kedetilan informasi yang lebih baik maka dipilihlah ukuran grid 20"x20". Pemilihan ukuran 20"x20" didasarkan pada hasil modifikasi ukuran antara ukuran 5"x5" dan 30"x30" yang sudah disesuaikan dengan skala peta yang akan dibuat oleh peneliti yakni sebesar 1:50.000. Total grid yang dibuat sejumlah 127 petak grid.



Gambar 3 Grid Kota Tegal ukuran 20"x20"

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Hasil dan Analisis Pra Pengolahan

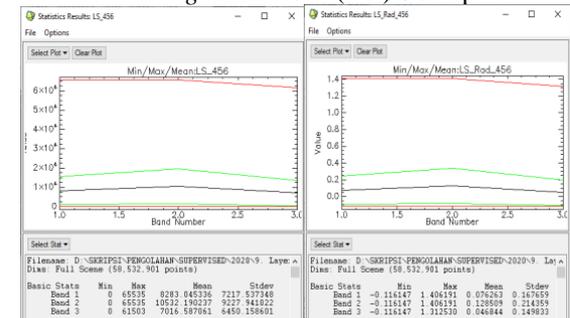
IV.1.1 Hasil Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan nilai yang sebenarnya, dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Citra yang sudah melalui koreksi radiometrik akan terlihat sedikit lebih jelas dan terang jika dibandingkan sebelum koreksi.



Gambar 4 Sebelum dan sesudah koreksi radiometrik citra landsat 8 tahun 2020

Selain itu citra hasil koreksi radiometrik memiliki nilai *Digital Number (DN)* 0 sampai 1.



Gambar 5 Hasil statistik sebelum dan sesudah koreksi radiometrik citra landsat 8 tahun 2020

IV.1.2 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik ditujukan untuk meminimalisir kesalahan-kesalahan akibat pergerakan satelit, rotasi bumi, kelengkungan bumi dan pergerakan cermin sensor. Penelitian ini menggunakan referensi peta RBI skala 1:25.000 yang diunduh dari inageoportals dengan menggunakan 12 titik ICP yang menyebar secara merata pada lokasi penelitian. Akurasi hasil koreksi geometrik berupa *Root Mean Square Error (RMSE)* harus kurang dari 1 piksel agar memenuhi persyaratan dan dinyatakan lolos sebagai citra yang telah terkoreksi. Nilai RMSE yang sudah memenuhi syarat digunakan untuk perhitungan uji geometrik citra berupa nilai CE90.

Tabel 1 Hasil Nilai RMSE

No.	Tahun	RMSE	CE90 (m)
1.	2013	0,003731	0,006
2.	2017	0,002535	0,004
3.	2020	0,003111	0,005

Hasil koreksi geometrik masing-masing citra menunjukkan nilai RMSE yang didapat telah memenuhi toleransi kurang dari 1 piksel citra. Hal ini menunjukkan bahwa koreksi geometrik berhasil dilakukan. Hasil uji geometrik tahun 2013, 2017 dan 2020 menunjukkan nilai CE90 sebesar 0,006, 0,004 dan 0,005. Berdasarkan perhitungan ketelitian geometri peta RBI (BIG, 2017) peta yang digunakan memiliki nilai ketelitian horisontal sebesar 5 meter dan termasuk dalam ketelitian horisontal kelas 1.

IV.1.3 Hasil *Cloud Masking*

Pengolahan *cloud masking* ditujukan untuk menghilangkan tutupan awan yang menutupi daerah

penelitian karena menghasilkan nilai suhu yang sangat rendah. Nilai suhu yang sangat rendah akan mengakibatkan hasil analisa penelitian kurang akurat sehingga dilakukan proses *masking* pada daerah tutupan awan.

Penelitian ini menggunakan data tiga tahun yang berbeda yakni tahun 2013, 2017 dan 2020. Citra tahun 2013 tidak terdapat tutupan awan sehingga tidak dilakukan proses *cloud masking*. Hasil proses *cloud masking* mempengaruhi jumlah luasan pada lokasi penelitian sehingga perlu dilakukan peninjauan pada daerah yang terdapat tutupan awan tersebut. Berikut merupakan luasan daerah yang terkena tutupan awan.

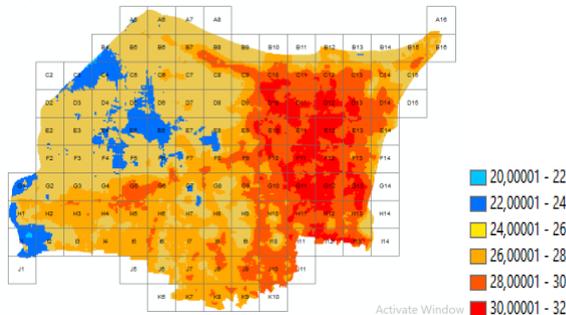
Tabel 2 Luas Tutupan Awan

No.	Data Citra	Luas Tutupan Awan	
		Ha	(%)
1.	2013	0	0
2.	2017	18,63	0,47
3.	2020	10,98	0,28

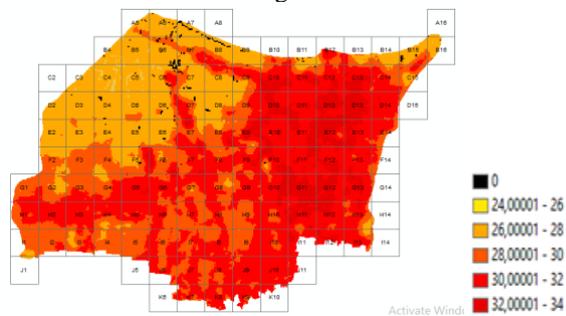
IV.2 Hasil dan Analisis Pengolahan

IV.2.1 Analisis Suhu Permukaan

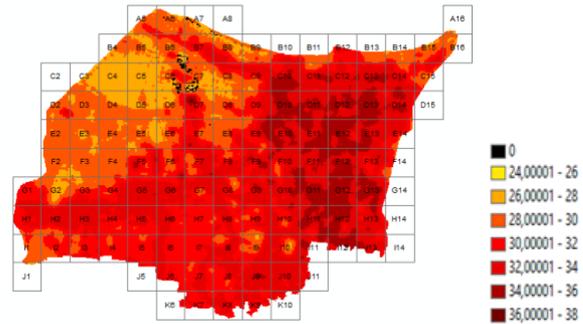
Proses pengolahan menggunakan metode *Land Surfaces Temperature* (LST) menghasilkan 9 kelas suhu permukaan pada lokasi penelitian yakni Kota Tegal. Pembagian kelas suhu permukaan didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Adityanti (2013) dengan interval setiap kelas sebesar 2°C dan kemudian disesuaikan dengan hasil pengolahan suhu permukaan peneliti. Adapun hasil pengolahan suhu permukaan Kota Tegal Tahun 2013 2017 dan 2020 dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6 Hasil Pengolahan LST Tahun 2013



Gambar 7 Hasil Pengolahan LST Tahun 2017



Gambar 8 Hasil Pengolahan LST Tahun 2020

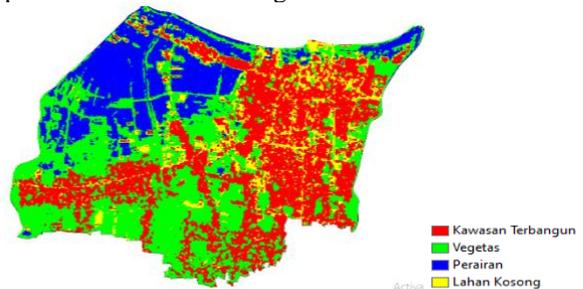
Hasil pengolahan menunjukkan kelas suhu terendah berada pada rentang 20°C-22°C yang terjadi di tahun 2013 dan kelas suhu tertinggi berada pada rentang 36°C-38°C yang terjadi di tahun 2020. Luasan kelas suhu permukaan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengolahan LST

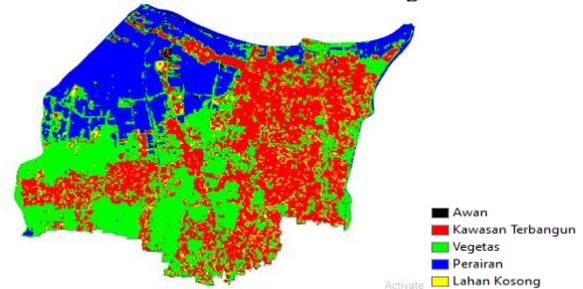
Suhu (°C)	Luas (Ha)		
	2013	2017	2020
20 - 22 (°C)	2,88	0	0
22 - 24 (°C)	260,1	0	0
24 - 26 (°C)	1.389,69	16,83	0,81
26 - 28 (°C)	1.088,37	938,43	320,67
28 - 30 (°C)	862,11	1.031,58	908,01
30 - 32 (°C)	329,13	1.554,39	962,46
32 - 34 (°C)	0	372,42	1.293,03
34 - 36 (°C)	0	0	435,6
36 - 38 (°C)	0	0	0,72
Awan	0	18,63	10,98
Total	3.932,28	3.932,28	3.932,28

IV.2.2 Analisis Tutupan Lahan

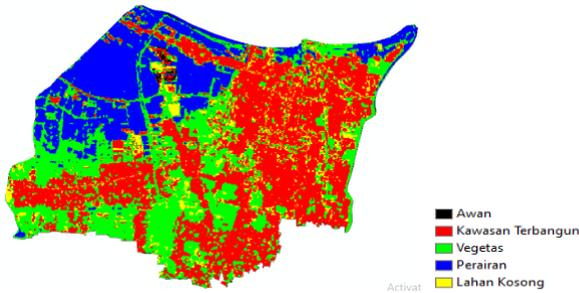
Proses pengolahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing menghasilkan empat kelas tutupan lahan antara lain vegetasi, kawasan terbangun, perairan dan lahan kosong.



Gambar 9 Klasifikasi Terbimbing Tahun 2013



Gambar 10 Klasifikasi Terbimbing Tahun 2017



Gambar 11 Klasifikasi Terbimbing Tahun 2020

Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar menunjukkan hasil pengolahan tutupan lahan dalam 3 tiga tahun berbeda. Secara visualisasi, Kota Tegal didominasi oleh tutupan lahan vegetasi dan kawasan terbangun yang tersebar secara merata. Kelas perairan mendominasi di Kota Tegal bagian utara, sedangkan lahan kosong hanya tersebar di wilayah tertentu. Secara lebih jelas, perubahan luasan tutupan lahan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4 Luas Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Luas (Ha)		
	2013	2017	2020
Kawasan Terbangun	1.333,778	1.422.585	1.638,630
Vegetasi	1.494,855	1.455.323	1.211,085
Perairan	729,337	765,945	774,405
Lahan Kosong	369,248	262,823	290,610
Awan	0	20,543	12,488
Jumlah	3.927,218	3.927,218	3.927,218

Dilihat pada grafik dan tabel tersebut bahwa kelas kawasan terbangun dan perairan mengalami peningkatan pada setiap tahun penelitian, kelas vegetasi mengalami penurunan dan lahan kosong mengalami perubahan yang fluktuatif pada setiap tahun penelitian. Dominasi tutupan lahan yang ada di Kota Tegal dapat diketahui melalui hasil perhitungan LPI yang ditampilkan melalui tabel sebagai berikut:

Tabel 5 Tabel LPI

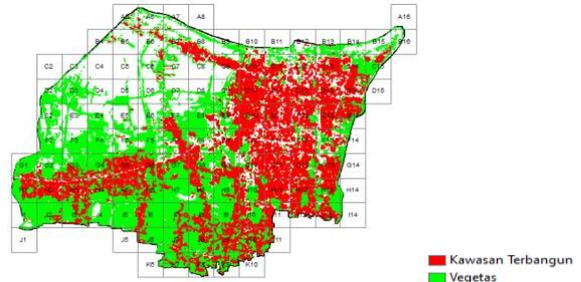
No.	Tutupan Lahan	Largest Patch Index (%)		
		2013	2017	2020
1	Lahan Terbangun	24,563	26,779	31,123
2	Vegetasi	15,635	24,482	9,122
3	Perairan	9,834	12,501	6,577
4	Lahan Kosong	0,515	0,078	0,19

LPI menunjukkan dominasi tutupan lahan yang ada di suatu wilayah berdasarkan ukuran tambalan/patch terbesar. Semakin tinggi nilai LPI, maka semakin dominan tutupan lahan yang ada di suatu wilayah tersebut. Berdasarkan perhitungan LPI, kawasan terbangun memiliki nilai paling tinggi di setiap tahun penelitian, hal ini berarti bahwa kawasan terbangun lebih mendominasi dari tutupan lahan lain. Sementara vegetasi dan perairan memiliki nilai LPI tertinggi kedua dan ketiga, dan lahan kosong memiliki nilai LPI yang sangat kecil.

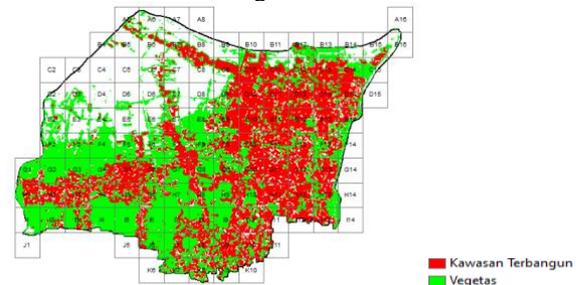
IV.2.3 Analisis Vegetasi dan Kawasan Terbangun

Hasil pengolahan tutupan lahan digunakan untuk memperoleh data vegetasi dan kawasan terbangun Kota Tegal. Hasil klasifikasi vegetasi dan

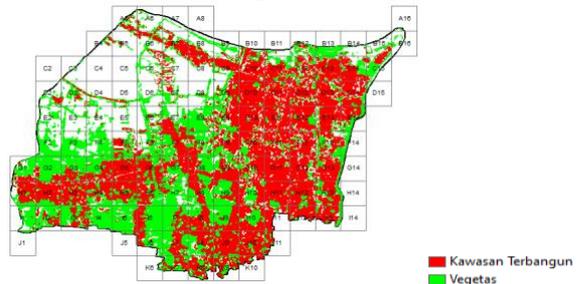
kawasan terbangun tersebut selanjutnya digunakan untuk dasar pembuatan peta vegetasi dan kawasan terbangun Kota Tegal serta analisis pengaruh perubahannya terhadap suhu permukaan. Adapun hasil klasifikasi vegetasi dan kawasan terbangun Kota Tegal tahun 2013, 2017 dan 2020 dapat dilihat pada Gambar 12, gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 12 Klasifikasi Vegetasi dan Kawasan Terbangun Tahun 2013



Gambar 13 Klasifikasi Vegetasi dan Kawasan Terbangun Tahun 2017



Gambar 14 Klasifikasi Vegetasi dan Kawasan Terbangun Tahun 2020

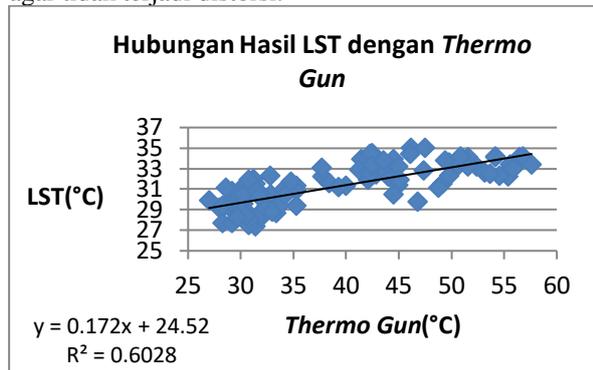
Perubahan luasan dihitung berdasarkan grid dengan ukuran 20"x20" dan dihasilkan total sebanyak 127 petak grid. Terlihat luasan vegetasi dan kawasan terbangun mengalami perubahan di setiap tahunnya. Perubahan tersebut berupa penurunan luas vegetasi dan peningkatan luas kawasan terbangun.

IV.3 Hasil Validasi Lapangan

IV.3.1 Validasi Suhu Permukaan

Validasi suhu permukaan diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kesesuaian antara data hasil pengolahan suhu dengan suhu sebenarnya di lapangan. Validasi suhu permukaan hanya dilakukan pada tahun 2020 yang dilakukan menggunakan *thermo gun* hampir bersamaan dengan waktu akuisisi citra landsat 8 yaitu pada tanggal 6 dan 7 September 2020 di jam perekaman citra yaitu jam 10:15 dengan rentang waktu kurang lebih 1 jam agar data yang di hasilkan lebih sesuai. Validasi dilakukan dengan cara menembakkan

alat secara langsung ke objek berupa tanah, aspal dan rumput dengan jarak yang tidak terlalu jauh dari objek agar tidak terjadi distorsi.



Gambar 15 Grafik Hubungan LST dan Thermo Gun Tahun 2020

Hasil persamaan regresi tersebut adalah $y = 0,172x + 24,52$ dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,6028. Tanda positif pada persamaan regresi menunjukkan adanya hubungan berbanding lurus antara hasil pengukuran dengan hasil pengolahan. Nilai koefisien determinasi sebesar 0,6028 menunjukkan hubungan hasil pengolahan dengan hasil pengukuran sebesar 60,28%.

IV.3.2 Validasi Tutupan Lahan

Validasi tutupan lahan dilakukan pada kawasan terbangun, vegetasi, perairan dan lahan kosong. Validasi tutupan lahan dilakukan dengan tiga cara, yaitu: pengecekan di lapangan, wawancara dan validasi menggunakan *google earth* untuk tahun 2013 dan 2017. Hasil validasi tutupan lahan dibuat dalam tabel matriks konfusi. Matriks konfusi tahun 2013 menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 90% dengan *koefisien kappa* 0,85647. Tahun 2017 menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 93% dengan *koefisien kappa* 0,89842 dan tahun 2020 menghasilkan nilai *overall accuracy* sebesar 94% dengan *koefisien kappa* 0,91224.

IV.4 Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi antara persentase luasan vegetasi (X1) dan kawasan terbangun (X2) terhadap rata-rata suhu permukaan (Y) Kota Tegal tahun 2013, 2017 dan 2020 dalam setiap grid dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS 16. Total grid yang dibuat sejumlah 127 petak grid. Namun terdapat beberapa petak grid yang tidak digunakan dalam analisa diantaranya yaitu nomor grid C2 dikarenakan memiliki luasan yang sangat kecil dan daerahnya homogen. Tahun 2017 dan 2020 nomor grid A8 tidak digunakan dikarenakan tidak terdapat vegetasi dan kawasan terbangun pada petak grid tersebut. Selain itu nomor grid C4 juga tidak digunakan dalam analisis regresi tahun 2020.

Petak grid yang terdapat banyak tutupan awan juga dihilangkan dalam analisa dikarenakan akan mempengaruhi nilai suhu permukaan. Tahun 2017 terdapat 7 petak grid yang tidak digunakan sedangkan

tahun 2020 terdapat 4 petak grid yang tidak digunakan karena terdapat banyak tutupan awan.

Hasil persamaan regresi tahun 2013 menghasilkan persamaan $Y = 25,521 - 0,014 X1 + 0,056 X2$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,715. Tahun 2017 menghasilkan persamaan $Y = 27,732 + 0,008 X1 + 0,052 X2$ dengan nilai R^2 sebesar 0,734 dan tahun 2020 menghasilkan persamaan $Y = 29,381 - 0,002 X1 + 0,055 X2$ dengan nilai R^2 sebesar 0,736. Hasil regresi linier sederhana tahun 2017 menunjukkan pengaruh vegetasi terhadap suhu permukaan sebesar 0,0006 dengan persamaan $Y = 29,563 + 0,0018X$, sedangkan kawasan terbangun memberikan pengaruh sebesar 0,7183 dengan persamaan $Y = 28,02 + 0,0516X$. Hal ini berarti bahwa tahun 2017 perubahan suhu permukaan tidak dipengaruhi oleh vegetasi, tetapi dipengaruhi perubahan kawasan terbangun sebesar 71,83.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Luasan vegetasi tahun 2013 sebesar 1494,855 Ha, tahun 2017 sebesar 1455,323 Ha dan tahun 2020 sebesar 1211,085Ha, sedangkan luasan kawasan terbangun tahun 2013 sebesar 1333,778 Ha, tahun 2017 sebesar 1422,585 Ha dan tahun 2020 sebesar 1638,630 Ha. Suhu permukaan dalam penelitian terbagi menjadi sembilan kelas dengan suhu terendah berada pada kelas suhu 20°C-22°C sedangkan suhu tertinggi berada pada kelas suhu 36°C-38°C. Tahun 2013 suhu permukaan terbagi menjadi enam kelas yakni kelas suhu 20°C-22°C sampai dengan kelas suhu 30°C-32°C. Tahun 2017 suhu terendah berada pada kelas suhu 24°C-26°C dan suhu tertinggi berada pada kelas suhu 32°C-34°C. Tahun 2020 terjadi peningkatan suhu dimana suhu tertinggi berada pada kelas suhu 36°C-38°C.
2. Luasan vegetasi dan kawasan terbangun tahun 2013 memberikan pengaruh terhadap suhu permukaan sebesar 71,5%. Tahun 2017 terjadi perubahan luasan vegetasi dan kawasan terbangun yang memberikan pengaruh terhadap suhu permukaan sebesar 73,4%. Tahun 2020 juga terjadi perubahan luasan vegetasi dan kawasan terbangun yang memberikan pengaruh sebesar 73,6% terhadap suhu permukaan.

V.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah :

1. Diperlukan informasi mengenai teknik validasi yang benar sebelum melakukan validasi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Pengolahan tutupan lahan dapat menggunakan citra dan metode yang lebih baik.
3. Diperlukan peralatan validasi suhu lain untuk digunakan sebagai data pembanding agar hasil validasi lebih sesuai seperti *digital thermometer*.
4. Peneliti harus memahami lokasi penelitian agar mudah dalam mengidentifikasi permasalahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adityanti, A. H., Sabri, L. M., & Sasmito, B. 2013. Analisis Pengaruh Perubahan NDVI dan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan Di Kota Semarang. Skripsi, Semarang:Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Al Mukmin, S. A., Wijaya, A. P., & Sukmono, A. (2016). Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Dan Keterkaitannya Dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 224–233.
- Amliana, D.R., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. 2016. Analisis Perbandingan Nilai NDVI Landsat 7 dan Landsat 8 Pada Kelas Tutupan Lahan. Skripsi, Semarang:Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Badan Informasi Geospasial. 2017. Modul Validasi Peta Rencana tata Ruang (Modul I-IV). Bogor.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Tegal. 2014. Gambaran Umum Kota Tegal.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2018. Statistik Indonesia 2018. Jakarta: CV. Dharmaputra. Hal. 86-87. ISSN:0126-2912.
- Basuki, A.Y., Riqqi, A., Deliar, A., Oktaviani, N. 2014. Tata Kelola Basis Data Geospasial Kelautan Berbasis Sistem Grid Skala Ragam (Wilayah Studi: Selat Sunda). Yogyakarta.
- 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).
- Farina, A. 2000. *Landscape ecology in action*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Handayani, M. N., Sasmito, B., & Putra, A. 2017. Analisis Hubungan Antara Perubahan Suhu Dengan Indeks Kawasan Terbangun Menggunakan Citra Landsat (Studi Kasus : Kota Surakarta). Skripsi, Semarang:Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Hidayati, I.N., Susanti, E., Utami, W. 2017. Analisis Pan-Sharpening untuk Meningkatkan Kualitas Spasial Citra Penginderaan Jauh dalam Klasifikasi Tata Guna Tanah. *BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan*.
- Kushardono, D. 2017. Klasifikasi Digital Pada Penginderaan Jauh. In A. M. Sari (Ed.), *New Scientist (1st ed., Vol. 158, Issue 2139)*. PT Penerbit IPB Press.
- Marsono, D. 1977. Deskripsi Vegetasi dan Tipe- Tipe Vegetasi Tropika. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Martono, D.S. 2012. Analisis Vegetasi dan Asosiasi Antara jenis-Jenis Pohon Utama Penyusun Hutan Tropis Dataran Rendah di Taman Nasional Gunung Rinjani Nusa Tenggara Barat. Madiun : Fakultas Pertanian Universitas Merdeka Madiun.
- Nainggolan, Y. C., Sasmito B., Sukmono A. 2020. Analisis Kontributor Dominan Terhadap Fenomena *Urban Heat Island* (UHI) di Kota Medan. Skripsi, Semarang:Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Ndruru, R.E., Situmorang M., Tarigan G. 2014. Analisa Faktor-Faktor yang mempengaruhi Hasil Produksi Padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika*.
- Nurgoho, S.A., Wijaya, A.P., Sukmono, A. 2016. Analisis Pengaruh Perubahan Vegetasi Terhadap Suhu Permukaan di Wilayah Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Penginderaan Jauh. Skripsi, Semarang:Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Pemerintah Kota Tegal. 2014. Rancangan Peraturan Daerah Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kota Tegal Tahun 2014-2019.
- Pratomo, D.S dan Astuti, E.Z. 2015. Analisis Regresi dan Korelasi Antara Pengunjung dan Pembeli Terhadap Nominal Pembelian di Indomaret Kedungmundu Semarang dengan Metode Kuadrat Terkecil. Skripsi. Semarang: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro.
- Putri, D.R., Sukmono A., dan Sudarsono B. 2018. Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1A dan Citra Sentinel-2A Untuk Klasifikasi Tutupan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Demak, Jawa Tengah). Skripsi, Semarang:Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Ramadhan, M. 2015. Patch Anlysis Menggunakan Fragstat (Studi Kasus Area Jambi). DOI: 10.13140/RG.2.1.2352.2724.
- Sahr, K, White, D, and Kimerling, J. A. 2003: *Discrete Global Grid Systems : Basic Definitions Discrete Global Grid*. *Cartography and Geographic Information Science*. Vol. 30. No. 2. 2003. pp. 121-134.
- Saputra, H dan Rahayu S. 2015. Hubungan Tingkat Urbanisasi dan Tingkat Ketimpangan Wilayah di Daerah Pantura Jawa Tengah. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 2. Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta.
- Widiawaty, M.A. 2019. Faktor-Faktor Urbanisasi di Indonesia. *Jurnal*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia. DOI: 10.31227/osf/0i/vzpsw.
- Yuliasuti, N dan Fatchurochman A. 2012. Pengaruh Perkembangan Lahan Terbangun Terhadap Kualitas Lingkungan Permukiman. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Diponegoro.
- Zahrotunisa, S dan Wicaksono, P. 2017. Prediksi Spasial Perkembangan Lahan Terbangun Melalui Pemanfaatan Citra Landsat Multitemporal di Kota Bogor. *Jurnal*. Yogyakarta: Departemen Sistem Informasi Geografis Universitas Gajah.