

Analisis Perkembangan Kawasan Industri Kendal Terhadap Perubahan Suhu Permukaan (Studi Kasus: Kawasan Industri Kendal, Kabupaten Kendal)

Hanum Fadhil Baihaqi^{*}, Yudo Prasetyo, Nurhadi Bashit

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

ABSTRAK

Menurut Undang-undang Nomor 3 Tahun 2014, kawasan industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri pengolahan yang dilengkapi dengan prasarana, sarana serta fasilitas penunjang lain yang disediakan serta dikelola oleh suatu perusahaan kawasan industri. Dampak positif dari kawasan industri adalah meningkatkan taraf ekonomi penduduk di sekitar kawasan dan mendorong peningkatan produksi barang industri. Selain itu, kawasan industri juga memiliki dampak negatif yaitu pencemaran dan polusi dari industri berupa limbah industri dan berkurangnya kawasan ruang terbuka hijau. Pembangunan Kawasan Industri dapat memunculkan berbagai masalah lingkungan, salah satunya yaitu perubahan lahan. Perubahan lahan ini dapat menyebabkan berbagai permasalahan yang akan muncul seperti banjir pada daerah sekitar kawasan industri dan perubahan suhu permukaan. Penelitian ini menggunakan sensor termal pada landsat untuk mengamati perubahan suhu dan tingkat kenyamanan termal di Kawasan Industri Kendal. Tingkat kenyamanan termal didapatkan dari pengolahan suhu udara dan tingkat kelembaban udara. Data yang digunakan adalah citra Landsat 5 tahun 2009 dan Landsat 8 tahun 2015 dan 2019. Analisis perubahan lahan terhadap perubahan suhu permukaan dan tingkat kenyamanan termal dilakukan secara spasial dan deskriptif yang kemudian dilakukan korelasi untuk mengetahui pengaruh perubahan lahan terhadap peningkatan suhu permukaan. Perubahan lahan pada kelas bangunan tahun 2009 hingga 2019 meningkat sebesar 87,49 ha dan mengakibatkan suhu permukaan pada tahun 2009 hingga 2019 mengalami kenaikan suhu permukaan sebesar 5°C. Perubahan lahan pada kelas bangunan tahun 2009 hingga 2019 mengalami peningkatan sebesar 87,49 ha sehingga menyebabkan kenaikan tingkat kenyamanan termal sebesar 3°C. Perubahan lahan yang mengakibatkan kenaikan suhu permukaan dan tingkat kenyamanan termal menunjukkan adanya hubungan antara keduanya.

Kata Kunci : Kawasan Industri, Perubahan Lahan, Tingkat Kenyamanan Termal, Suhu Permukaan.

ABSTRACT

According to Law Number 3 of 2014, an industrial area is an area where the concentration of processing industry activities is concentrated with infrastructure, facilities and other supporting facilities provided and managed by an industrial area company. The positive impact of the industrial area is to improve the economic level of the population around the area and encourage increased production of industrial goods. In addition, the industrial area also has a negative impact, namely pollution and pollution from the industry in the form of industrial waste and reduced green open space. Development of Industrial area can lead to various environmental problems, one of which is land change. This land change can cause various problems that will arise such as flooding in the area around the industrial area and changes in surface temperature. This study uses sensor thermal Landsat to observe changes in temperature and the temperature humidity index in the Kendal Industrial Zone. The temperature humidity index is obtained from the processing of air temperatures and humidity levels. The data used are Landsat 5 in year 2009 and Landsat 8 in year 2015 and 2019. Imagery of land changes to changes in surface temperature and Temperature Humidity Index done spatially and descriptively, then correlations are performed to determine the effect of land changes on increasing surface temperatures. Land changes in the building class in 2009 to 2019 increased by 87.49 ha and resulted in surface temperatures in 2009 to 2019 experiencing an increase in surface temperature of 5°C. Changes in land in the building class in 2009 to 2019 increased by 87.49 ha, causing an increase in the temperature humidity index of 3°C. Land changes that cause an increase in surface temperature and a temperature humidity index indicate a relationship between the two.

Key Words : Industrial Area, Land Change, Temperature Humidity Index, Surface Temperature.

^{*})Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kabupaten Kendal merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki luas wilayah sebesar 1.315,43 km² yang terbagi menjadi 20 kecamatan dengan 265 desa serta 20 kelurahan. Pemerintah Kabupaten Kendal sedang giat melakukan pengembangan dan pembangunan daerah guna meningkatkan pendapatan daerah dan meningkatkan pendapatan ekonomi masyarakat dengan melakukan pembangunan infrastruktur dan fasilitas, salah satunya yang dilakukan adalah melakukan pembangunan Kawasan Industri Kendal.

Menurut Undang-undang Nomor 3 Tahun 2014, kawasan industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri pengolahan yang dilengkapi dengan prasarana, sarana serta fasilitas penunjang lain yang disediakan serta dikelola oleh suatu perusahaan kawasan industri. Kawasan industri memiliki tujuan untuk mempercepat pertumbuhan industri dan menyediakan fasilitas lahan industri yang berwawasan lingkungan. Dampak positif kawasan industri yaitu meningkatkan taraf ekonomi penduduk di sekitar kawasan dan mendorong peningkatan produksi barang industri. Selain itu, kawasan industri juga memiliki dampak negatif yaitu pencemaran dan polusi dari industri berupa limbah industri dan berkurangnya kawasan ruang terbuka hijau.

Pembangunan Kawasan Industri dapat memunculkan berbagai masalah lingkungan, salah satunya yaitu perubahan lahan. Pembangunan kawasan industri ini menyebabkan perubahan lahan yang terjadi, dimana sebelum pembangunan kawasan industri dilakukan daerah tersebut merupakan daerah tambak dan sawah. Perubahan lahan ini dapat menyebabkan berbagai permasalahan yang akan muncul seperti banjir pada daerah sekitar kawasan industri dan masalah perubahan suhu permukaan. Permasalahan perubahan suhu permukaan yang terjadi terus menerus dapat menjadikan daerah kawasan industri menjadi kurang nyaman. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan perubahan lahan untuk mengetahui perubahan suhu permukaan dan tingkat kenyamanan termal untuk mengantisipasi terjadinya peningkatan suhu permukaan yang tinggi dan menyebabkan daerah menjadi tidak nyaman untuk ditempati.

Temperature Heat Index atau dikenal juga dengan tingkat Kenyamanan termal adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui adanya cekaman panas dan menetapkan efek dari kondisi panas pada kenyamanan manusia yang mengkombinasikan suhu dan kelembaban (Kalfuadi, 2009). *Temperature Humidity Index* suatu indeks dengan satuan derajat Celsius sebagai besaran yang dapat dikaitkan dengan tingkat kenyamanan yang dirasakan populasi manusia di wilayah perkotaan (Effendi, 2007).

Pemantuan suhu permukaan digunakan untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal dapat diamati dengan menggunakan pengindraan jauh dengan memanfaatkan citra satelit. Penelitian ini menggunakan data citra satelit Landst 5 dan Landsat 8 untuk memantau perubahan yang terjadi. Metode penelitian ini

menggunakan sensor termal pada landsat dan indeks vegetasi untuk mendapatkan suhu permukaan tanah dan tingkat kenyamanan termal didapatkan dari suhu udara dan kelembaban relatif. Pemantauan suhu permukaan tanah dilakukan untuk menganalisis seberapa besar perubahan tutupan lahan yang mengakibatkan peningkatan suhu permukaan dan bagaimana pengaruhnya terhadap tingkat kenyamanan termal di daerah Kawasan Industri Kendal. Hasil dari penelitian ini berupa peta persebaran suhu permukaan tanah dan peta tingkat kenyamanan termal di daerah Kawasan Industri Kendal.

I.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap perubahan suhu di kawasan industri Kendal dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2019?
2. Bagaimana hubungan antara perubahan tutupan lahan dan tingkat kenyamanan termal di kawasan industri Kendal berdasarkan perhitungan *Temperature Humidity Index*?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perubahan suhu yang terjadi akibat perubahan tutupan lahan menjadi kawasan industri dari tahun 2009 sampai dengan 2019.
2. Mengetahui hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan tingkat kenyamanan termal di kawasan industri Kendal.

I.4 Batasan Masalah

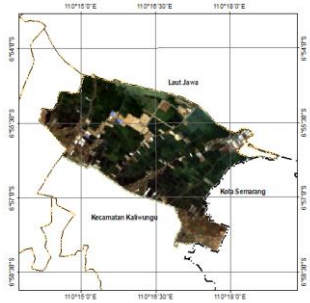
Penelitian ini diberi batasan masalah agar bahasan tidak terlalu jauh dari kajian masalah. Berikut batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Data penelitian yang digunakan adalah data citra satelit Landsat 5 tahun 2009 yang diakusisi pada tanggal 16 agustus 2019, citra satelit Landsat 8 tahun 2015 diakusisi tanggal 30 juni 2015 dan 2019 yang diakusisi pada bulan 15 oktober 2019, karena bulan tersebut masuk dalam periode musim kemarau, dimana puncak selisih suhu permukaan terjadi pada musim tersebut, sehingga efektif dalam tingkat kenyamanan termal. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan selama Sembilan sehingga dililih periode waktu 2009, 2015 dan 2019.
2. Pengolahan dilakukan dimulai dari tahun 2009, 2015 dan tahun 2019 untuk mengetahui perubahan yang terjadi.
3. Koreksi radiometrik dilakukan dengan menggunakan kalibrasi radiometrik metode ToA (*Top of Atmosphere*) untuk mengkonversi *digital number* ke radian dan reflektan.
4. Akurasi geometrik menggunakan *Independent Control Point* (ICP) hasil pengambilan titik dengan citra Worldview.

5. Citra Landsat 5 dilakukan kalibrasi radiometrik pada kanal 6, kanal 4, kanal 3, kanal 2 dan kanal 1 dilakukan pada konversi *digital number* (DN) ke ToA *Radiance*, kalibrasi radiometrik kanal 4, kanal 3, kanal 2 dan kanal 1 dilakukan konversi nilai ToA *Radiance* ke ToA reflektan.
6. Citra Landsat 8 dilakukan koreksi radiometrik kanal 10, kanal 4, kanal 3 dan kanal 2 dilakukan konversi *digital number* (DN) ke ToA *Radiance* dan kalibrasi radiometrik kanal 4, kanal 3 dan kanal 2 dilakukan konversi DN ke ToA reflektan.
7. Metode klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*).
8. Proses kalibrasi alat ukur suhu permukaan yang digunakan dalam penelitian ini belum dilakukan, maka tingkat akurasi belum dapat dipastikan ketelitiannya, sehingga hasil pengukuran suhu dilapangan dengan pengolahan suhu tidak diketahui seberapa besar ketelitian yang didapatkan.
9. Analisis dilakukan berdasarkan pengaruh perubahan lahan bangunan yang mewakili lahan pemukiman dan bangunan industri terhadap tingkat kenyamanan di daerah Kawasan Industri Kendal.

I.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kawasan Industri Kendal. Gambaran lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian

II. Tinjauan Pustaka
II.1 Gambaran Umum

Kabupaten Kendal merupakan salah satu kabupaten di provinsi Jawa Tengah yang memiliki wilayah agraris yang cukup luas. Hal tersebut ditunjukkan dengan besarnya luas lahan yang digunakan untuk pertanian. Kabupaten Kendal terletak pada 109°40' - 110°18' Bujur Timur dan 6°32' - 7°24' Lintang Selatan dimana memiliki wilayah yang strategis yang terletak di sebelah utara laut utara dan menjadi daerah yang dilewati jalan utama yang menghubungkan pulau Jawa dari Jakarta sampai ke banyuwangi. Kabupaten Kendal memiliki luas wilayah sebesar 1.315,43 Km² yang terbagi menjadi 20 kecamatan dengan 265 desa serta 20 kelurahan. Kabupaten Kendal secara administrasi berbatasan langsung dengan Semarang di sebelah timur, berbatasan dengan Batang di sebelah barat, berbatasan dengan Temanggung disebelah selatan

dan berbatasan dengan Laut Utara disebalah utara. Penelitian ini berada di Kawasan Industri Kendal.

Kawasan Industri Kendal memiliki luas sebesar 2.100 hektar yang berada di bagian utara Kecamatan Kaliwungu. Kawasan Industri Kendal bergerak di berbagai sektor seperti tekstil, makanan, baja, furnitur, dan kabel (Haffiyah, 2019).

II.2 Kawasan Industri

Menurut Peraturan Pemerintahan nomor 2 tahun 2017, Kawasan Industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan Industri yang dilengkapi dengan Sarana dan Prasarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh Perusahaan Kawasan Industri. Pembangunan Kawasan Industri dalam Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2015 memiliki tujuan antara lain:

1. Mempercepat penyebaran dan pemerataan pembangunan Industri
2. Meningkatkan upaya pembangunan Industri yang berwawasan lingkungan.
3. Meningkatkan daya saing investasi dan daya saing Industri.
4. Memberikan kepastian lokasi sesuai tata ruang.

II.3 Indeks Vegetasi dan Emisivitas

Indeks vegetasi atau NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) adalah suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan citra multispektral untuk menampilkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan seperti biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil dan sebagainya. Indeks vegetasi merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi (Danoedoro, 2012). Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan indeks vegetasi pada persamaan 1.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

NIR = Kanal *Near-infrared*

RED = Kanal *Red*

Emisivitas atau daya pancar merupakan perbandingan relatif terhadap daya pancar benda hitam sempurna. Daya pancar benda hitam dinyatakan sebesar satu, maka daya pancar tiap obyek terletak antara nol sampai satu. Emisivitas dapat dihitung dengan menggunakan metode NDVI (Alipour dkk, 2003). Emisivitas bertujuan untuk menghilangkan efek-efek atmosfer yang akan mempengaruhi nilai piksel yang akan diterima oleh sensor citra salam menentukan nilai suhu (Sunaryo, 2016). Perhitungan emisivitas permukaan yang dapat digunakan pada kondisi permukaan bumi yang heterogen pada persamaan 2 (Fawzi, 2014).

$$\epsilon = \epsilon_{VPv} + \epsilon_S(1 - P_v) + d\epsilon_{Pv}(1 - P_v) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

ϵ = Emisivitas permukaan

ϵ_v = Nilai emisivitas vegetasi (0,985)

ϵ_s = Nilai emisivitas tanah (0,960)

$d\epsilon$ = Faktor bentuk (0,06)

II.4 Suhu Permukaan

Menurut Effendi (2007), suhu permukaan adalah suatu gambaran energi yang terdapat pada suatu permukaan bumi, dengan satuan derajat C atau K. Prinsip dasar penginderaan jauh yaitu menangkap energi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan maupun dipantulkan oleh suatu permukaan yang dipisahkan dalam sensor panjang gelombang. Suhu permukaan diperoleh atau dihitung dari energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan. Sensor yang digunakan 2 untuk mendeteksi pada satelit adalah *sensor thermal infrared* (Effendi, 2007).

Proses mendapatkan nilai suhu permukaan pada data satelit Landsat sebelumnya harus diketahui nilai suhu kecerahan (Wiweka, 2014). Pendugaan suhu permukaan dapat diestimasi dengan menggunakan band termal dengan melakukan konversi DN (*digital number*) menjadi nilai radian dan dilakukan konversi menjadi nilai suhu kecerahan untuk mendapatkan nilai suhu permukaan pada suatu citra satelit Landsat. Pada penelitian ini menggunakan band 6 untuk Landsat 5 dan band 10 untuk Landsat 8. Proses konversi nilai DN ke radian dapat dilakukan pada persamaan 3 untuk citra landsat 5 dan persamaan 4 untuk citra Landsat 8 dan proses mendapatkan suhu permukaan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Konversi nilai DN ke nilai Radians

$$L\lambda = \{ (L_{max}-L_{min}) / (Q_{calmax}-Q_{calmin}) \} * (Q_{cal}-Q_{calmin}) + L_{min} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $L\lambda$ = Nilai radian spektral pada sensor
- L_{max} = Nilai maksimum spektral pada sensor radian
- L_{min} = Nilai minimum spektral pada sensor radian
- Q_{calmax} = Nilai maksimum piksel
- Q_{calmin} = Nilai minimum piksel
- Q_{cal} = Nilai piksel (DN)

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- $L\lambda$ = Spectral radiance ($W / (m^2 * sr * \mu m)$)
- ML = RADIANCE_MULT_BAND_Termal
- AL = RADIANCE_ADD_BAND_Termal
- Q_{cal} = DN kanal Termal

2. Konversi nilai Radians ke suhu kecerahan

$$T = K2 / (Ln (K1 L\lambda + 1)) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- T = At-satellite brighness temperature (K)
- $L\lambda$ = TOA spectral radiance (Watts/ ($m^2.srad.\mu m$))
- $K1$ = Band-specific thermal conversion constant ($K1_CONSTANT_BAND_x$, dimana x adalah kanal yang digunakan)
- $K2$ = Band-specific thermal conversion constant ($K2_CONSTANT_BAND_x$, dimana x adalah kanal yang digunakan)

3. Konversi suhu kecerahan menjadi suhu permukaan

$$TS = TB / (1 + ((\lambda * TB) / \partial * \ln \epsilon)) \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- TS = Suhu Permukaan ($^{\circ}C$)
- λ = Panjang gelombang dari radiasi yang dipancarkan (nilai tengah dari band termal ; band 6 (Landsat 5) = 11,45 μm ; band 10 (Landsat 8) = 10,8 μm)
- ∂ = hc/σ (besarnya = $1,438 \times 10^{-2}$ mK)
- h = Konstanta Planck's ($6,26 \times 10^{-34}$ J sec)
- c = Kecepatan cahaya ($2,998 \times 10^8$ m.sec⁻¹)
- σ = Konstanta Stefan-Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ JK⁻¹)
- ϵ = Emisivitas objek
- TB = Suhu kecerahan ($^{\circ}C$)

II.5 Suhu Udara

Suhu udara adalah suatu gambaran energi yang terdapat di atmosfer atau udara dan dapat dirasakan oleh tubuh serta dapat diukur dengan termometer, dengan satuan $^{\circ}C$ atau K (Effendi, 2007). Suhu udara akan bernilai fluktuasi selama setiap periode 24 jam. Fluktuasi suhu udara berkaitan erat dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Pada siang hari, sebagian dari radiasi matahari akan diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel-partikel padat yang melayang di atmosfer. Serapan energi radiasi matahari akan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai. Intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat berkas cahaya jatuh tegak lurus, yakni pada waktu tengah hari (Wiweka, 2014). Proses pengolahan suhu udara dapat dilakukan Menurut Montheith dan Unsworth (1990) dalam Effendi (2007), suhu udara dapat didapatkan dengan persamaan 7.

$$T_a = T_s - \left(\frac{H_{raH}}{\rho_{air} \cdot c_p} \right) \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan:

- H = Fluks pemanasan udara (Wm^{-2})
- air ρ = Kerapatan udara lembab ($1,27 \text{ kg m}^{-3}$)
- CP = Panas spesifik udara pada tekanan konstan ($1004 \text{ J Kg}^{-1}K^{-1}$)
- T_s = Suhu permukaan (K)
- T_a = Suhu udara (K)
- raH = Tahanan Aerodinamik

II.6 Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam udara atau atmosfer. Besarnya tergantung dari masuknya uap air ke dalam atmosfer karena adanya penguapan dari air yang ada di lautan, danau, dan sungai, maupun dari air tanah (Fadholi, 2016). Nilai kelembaban relatif dari 0 – 100%, dimana 0% artinya udara kering, sedangkan 100% artinya udara jenuh dengan uap air dimana akan terjadi titik-titik air.

Kelembaban udara ditentukan oleh jumlah uap air yang terkandung di dalam udara. Pada umumnya kelembaban udara dinyatakan dengan kelembaban relatif (RH), RH merupakan perbandingan antara tekanan uap aktual (ea) dengan kapasitas udara untuk menampung uap air atau sering disebut tekanan uap jenuh (es). Nilai es

dapat diturunkan sebagai fungsi dari suhu udara, sedangkan e_a merupakan fungsi dari T_d (suhu titik embun). T_d diturunkan dari e_a yang diturunkan dari data RH dan T_a dari stasiun meteorologi dipermukaan. Pengolahan kelembaban udara dapat dilakukan dengan persamaan 8 (Effendy, 2007).

$$RH = \frac{e_a}{e_s} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

- RH = Kelembaban relatif (%)
- e_a = Tekanan uap aktual (kPa)
- e_s = Tekanan uap jenuh (kPa)

II.7 Tingkat Kenyamanan Termal

Temperature Heat Index atau dikenal juga dengan tingkat Kenyamanan termal adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui adanya cekaman panas dan menetapkan efek dari kondisi panas pada kenyamanan manusia yang mengkombinasikan suhu dan kelembaban (Kalfuadi, 2009). *Temperature Humidity Index*, suatu indeks dengan satuan derajat Celsius sebagai besaran yang dapat dikaitkan dengan tingkat kenyamanan yang dirasakan populasi manusia di wilayah perkotaan (Effendi, 2007). Menurut Nieuwolt (1975) dalam Effendi (2007) bahwa Penentuan THI dapat ditentukan dari nilai suhu udara dan kelembaban udara (RH) dengan persamaan 9.

$$THI = 0,8T_a + \left[\frac{RH \times T_a}{500} \right] \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

- THI = *Temperature Humidity Indeks* (°C)
- T_a = Suhu udara (°C)
- RH = Kelembaban relatif udara (%)

Proses pengkelasan hasil pengolahan *Temperature Humidity Index* menggunakan klasifikasi yang dilakukan oleh Tursiowati dimana membagi menjadi 3 kelas. Pengkelasan *Temperature Humidity Index* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi *Temperature Humidity Index* (Tursiowati, 2015)

Rentang THI (°C)	Keterangan
<20	Tidak nyaman (terlalu dingin dan basah)
20-26	Nyaman
>26	Tidak nyaman (terlalu panas dan kering)

II.8 Klasifikasi Supervised

Klasifikasi *Supervised* atau klasifikasi terbimbing adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk menginterpretasi citra (Danoedoro, 2012). Klasifikasi terbimbing menganalisis terlebih dulu dengan menentukan beberapa *training sample area* pada citra sebagai kelas lahan tertentu. Penetapan ini berdasarkan pengetahuan analisis terhadap wilayah dalam citra mengenai daerah tutupan lahan. Nilai-nilai piksel dalam daerah contoh kemudian digunakan oleh komputer sebagai kunci untuk mengenali piksel lain. Daerah yang memiliki nilai-nilai piksel sejenis akan dimasukkan ke dalam kelas lahan yang telah ditentukan sebelumnya. Jadi dalam metode

Klasifikasi *supervised* ini analisis mengidentifikasi kelas informasi terlebih dahulu yang kemudian digunakan untuk menentukan kelas spektral yang mewakili kelas informasi tersebut.

II.9 Tutupan Lahan

Penutup lahan merupakan tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati merupakan suatu hasil pengaturan, aktivitas dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi perubahan ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut (BSN, 2014). Tutupan lahan adalah kenampakan material fisik permukaan bumi. Tutupan lahan dapat menggambarkan keterkaitan antara proses alami dan proses sosial. Tutupan lahan dapat menyediakan informasi yang sangat penting untuk keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi (Liang (2008) dalam Sampurno, 2016). Tutupan lahan sendiri umumnya didapatkan dari hasil klasifikasi citra satelit dan hasil klasifikasi tersebut banyak digunakan sebagai dasar penelitian untuk analisis penggunaan lahan atau dinamika perubahan lahan di suatu area. Selain hal tersebut, hasil klasifikasi citra berupa *land cover* juga dapat dijadikan sebagai dasar pengamatan pertumbuhan pembangunan suatu area (Mukmin dkk, 2016)

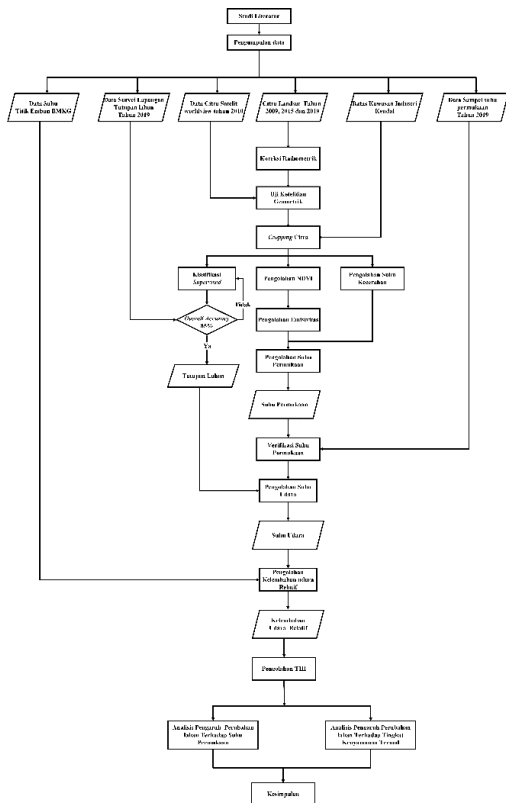
II.10 Uji Akurasi Ketelitian

Pengujian ketelitian atribut dilakukan dengan melakukan perbandingan melalui penyusunan matrik kesalahan (*error matrix* atau *confussion matrix*). Pengujian dilakukan terhadap sampel yang mewakili objek tertentu dalam suatu poligon objek dengan koordinat lokasi yang sama di lapangan. Sampel yang telah diambil dari lapangan dibandingkan dengan kelas objek hasil klasifikasi (BIG, 2016). *Confusion matrix* merupakan perhitungan setiap kesalahan pada setiap bentuk penutup atau penggunaan lahan dari hasil klasifikasi citra. Kesalahan omisi (*omission error*) yaitu kesalahan klasifikasi berupa kekurangan jumlah piksel suatu kelas akibat masuknya piksel-piksel kelas tersebut ke kelas yang lain. Kesalahan komisi (*commission error*) yaitu kesalahan klasifikasi berupa kelebihan jumlah piksel pada suatu kelas yang diakibatkan masuknya piksel dari kelas lain (Kusumaningrat dkk, 2017).

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir

Penelitian ini melakukan beberapa tahapan penelitian yang dilakukan dari pengumpulan data, pengolahan dan melakukan analisis data. Pengumpulan data dilakukan pada tahap awal yang dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan. Pengolahan data dilakukan beberapa tahapan yaitu koreksi radiometrik, koreksi geometrik, pengolahan NDVI, pengolahan klasifikasi *supervised*, pengolahan suhu permukaan, pengolahan suhu udara dan pengolahan THI. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

III.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

III.2.1 Peralatan Pengolahan Data

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - Laptop Acer Intel® Core™ i3-5010U CPU @2.10GHz. RAM 4GB, OS Windows 10 64-Bit.
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. Operation System Windows 10.
 - b. Perangkat pengolah kata dan angka.
 - c. ENVI 5.1.
 - d. ArcGIS 10.4.
 - e. Mobile Topographer.

III.2.2 Data Penelitian

1. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kendal skala 1: 25.000 tahun 2011 sampai 2031.
2. Citra Landsat 5 tahun 2009 dan citra Landsat 8 resolusi 30 tahun 2015 dan 2019
3. Data Cuaca Semarang tahun 2009, 2015 dan 2019.
4. Citra Worldview 2 resolusi 0,5m tahun 2010.
5. Citra Spot resolusi 1,5m tahun 2019.

III.3 Pra Pengolahan

III.3.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan dengan menggunakan kalibrasi radiometrik yang bertujuan untuk mengkonversi nilai *digital number* (DN) menjadi nilai reflektan dan radian *top of atmosphere* (TOA).

III.3.2 Pemotongan Citra

Pemotongan citra berguna untuk memfokuskan penelitian ini dengan menggunakan batas administrasi Kawasan Industri Kendal.

III.3.3 Uji Geometri

Uji geometri dilakukan untuk mengecek kualitas citra Landsat 5 dan Landsat 8 yang sudah terkoreksi (*Terrain Correction*). Uji geometri dalam penelitian ini menggunakan perbandingan data ukuran citra Landsat dengan data ukuran pada citra Worldview.

III.4 Pengolahan Data

III.4.1 Pengolahan NDVI dan Emisivitas

Pengolahan NDVI menggunakan persamaan (1) dan pengolahan emisivitas dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

III.4.2 Klasifikasi *Supervised*

Klasifikasi *supervised* dilakukan pada citra Landsat 5 dan Landsat 8. Klasifikasi dilakukan dengan membuat 5 kelas yaitu badan air, bangunan, lahan terbuka, lahan pertanian dan lahan hutan.

III.4.3 Perhitungan Suhu Permukaan

Pengolahan suhu permukaan dilakukan dengan menggunakan persamaan (6).

III.4.4 Pengolahan Suhu Udara

Pengolahan suhu udara didapatkan dari fluks Panas udara dan suhu permukaan tanah dengan menggunakan persamaan (7). Pengolahan suhu dilakukan beberapa perhitungan yaitu perhitungan albedo, perhitungan komponen radiasi netto, nilai fluks panas tanah (G) dan fluks panas udara (H). Nilai albedo dan suhu udara diturunkan dari *spectral radianse* dengan menggunakan band *visible*. Pengolahan suhu udara menggunakan tiga kelas tutupan lahan yaitu vegetasi, badan air dan non vegetasi.

III.4.5 Pengolahan Kelembaban Udara

Pengolahan kelembaban udara relatif (RH) dapat diestimasi dengan menggunakan data citra satelit Landsat. Menentukan nilai RH, diperlukan data suhu titik embun (Td) dari Stasiun Klimatologi BMKG Kota Semarang. Kelembaban udara didapat dengan menggunakan persamaan (8).

III.4.6 Pengolahan Temperature Humidity Index

Temperature Humidity Index adalah suatu indeks atau metode yang dapat dikaitkan tingkat kenyamanan termal dengan mengkombinasikan data suhu udara dan kelembaban udara relatif (RH) di suatu daerah. Pengolahan *Temperature Humidity Index* menggunakan persamaan (9)

III.4.7 Uji Akurasi

Uji akurasi penelitian menggunakan matrik konfusi dengan 65 titik sampel yang sudah dilakukan validasi lapangan. Survei lapangan yang dilakukan untuk validasi terdiri dari pengamatan lapangan. Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian dari hasil pengolahan suhu permukaan dan ketelitian hasil klasifikasi.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Kalibrasi Radiometrik

Pada Landsat 8 nilai piksel asli berada pada rentang 0 – 65535 bit. Citra Landsat yang sudah dilakukan kalibrasi radiometrik memiliki nilai piksel kurang dari 1.

IV.2 Uji Ketelitian Geometri

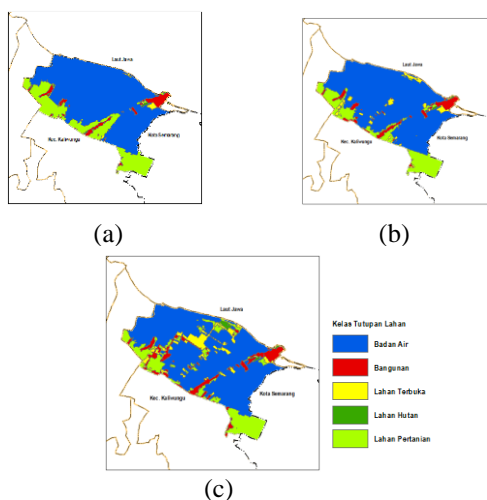
Uji geometri dilakukan dengan membandingkan data ukuran yang ada pada citra Landsat dengan data citra Worldview yang sudah terortorektifikasi. Jumlah sampel yang diambil adalah 15 sampel tersebar di seluruh wilayah Kawasan Industri Kendal. Penentuan titik sampel dilakukan dengan acak namun tetap memperhatikan jarak dan letak antar sampel. Nilai RMSE yang dapat dilihat pada Tabel 2 Untuk uji ketelitian peta mengacu pada PERKA BIG Nomor 15 Tahun 2014 masuk pada peta skala 1:50.000 kelas 1.

Tabel 2 Ketelitian geometri peta RBI (BIG, 2014)

Tahun	RMSE ICP (Meter)	CE90 (Meter)	Ketelitian Peta Skala 1 : 50.000		
			Kelas 1 (Meter)	Kelas 2 (Meter)	Kelas 3 (Meter)
2009	5,820	8,832	10	15	25
2015	5,310	8,058	10	15	25
2019	5,700	8,650	10	15	25

IV.3 Hasil Klasifikasi Supervised

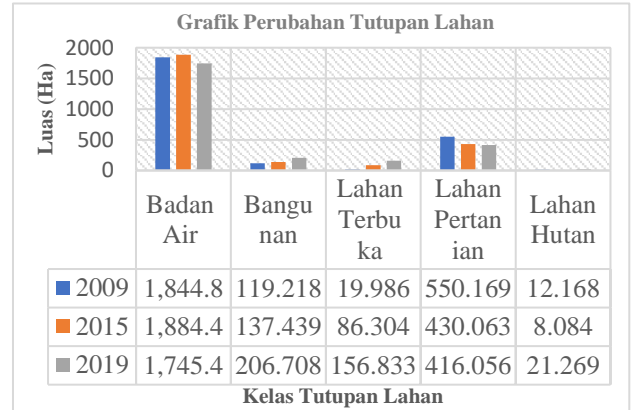
Klasifikasi *supervised* menghasilkan peta tutupan lahan yang terbagi menjadi 5 kelas, yaitu badan air, lahan pertanian, lahan hutan, lahan terbangun dan lahan terbuka. Hasil klasifikasi *supervised* pada tahun 2009, menunjukkan bahwa daerah penelitian dipenuhi oleh badan air, tahun 2015 menunjukkan bahwa mulai terjadi perubahan lahan untuk dilakukannya pembangunan kawasan industri dan tahun 2019 menunjukkan perubahan lahan yang belum terlalu besar dari tahun 2015. Hasil tutupan lahan ini digunakan untuk parameter pengolahan suhu udara. Hasil klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Tutupan lahan (a) 2009 (b) 2015 (c) 2019

Tutupan lahan menghasilkan perubahan yang terus mengalami kenaikan dari periode tahun 2009 hingga 2019.

Tutupan lahan pada kelas lahan terbangun tahun 2009 dan 2019 memiliki luas 119,218 ha dan 206,708 ha. Perubahan tutupan lahan terus meningkat karena adanya pembangunan kawasan industri, dimana perkembangan Kawasan Industri Kendal masih akan terus berjalan hingga tahap pembangunan selesai. Perubahan tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 4.



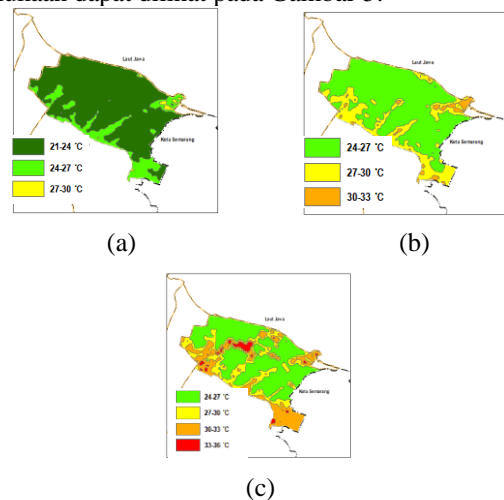
Gambar 4 Grafik tutupan lahan

IV.4 Uji Akurasi Tutupan Lahan

Uji akurasi tutupan lahan hanya dilakukan pada tahun 2019 sesuai dengan pengambilan data di lapangan. Jumlah titik sampel yang digunakan sebanyak 65 titik yang tersebar merata di Kawasan Industri Kendal. Titik sampel ini dipakai untuk uji akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan. Hasilnya terdapat 58 titik sesuai dan 7 titik tidak sesuai antara hasil pengolahan dan survei lapangan, sehingga memiliki tingkat kesesuaian sebesar 89% dan nilai *kappa* sebesar 86%.

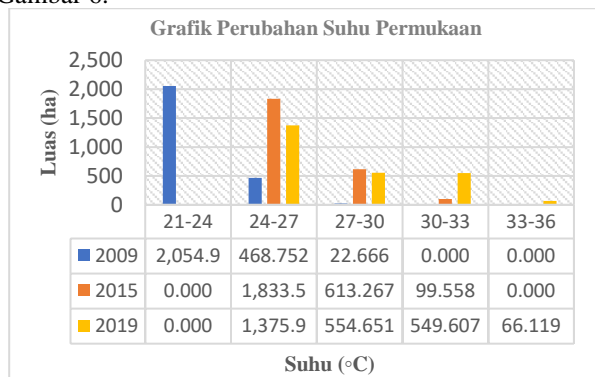
IV.5 Hasil Suhu Permukaan Tanah

Hasil pengolahan suhu permukaan tanah yaitu peta persebaran suhu permukaan tanah Kawasan Industri Kendal tahun 2009, 2015 dan 2019. Persebaran suhu permukaan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Persebaran suhu permukaan (a) 2009 (b) 2015 (c) 2019

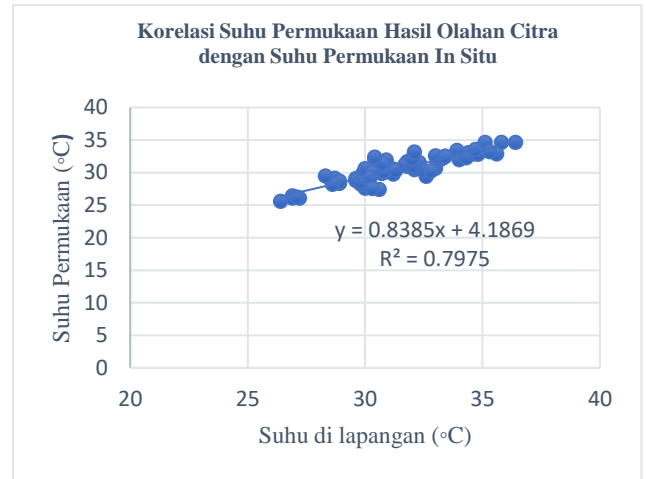
Perubahan suhu permukaan dari tahun 2009 sampai 2019 terus mengalami peningkatan, pada tahun 2009 suhu permukaan didominasi pada rentang 21-24°C, tahun 2015 suhu permukaan didominasi pada rentang 24-27 °C dan tahun 2019 hampir sama dengan tahun 2015, akan tetapi mengalami penurunan luas pada kelas yang sama dan meningkat pada kelas yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan tanah pada tahun 2019 merupakan suhu permukaan paling panas dibandingkan dari tahun-tahun sebelumnya. Dikutip dari Kumparan, menurut BMKG suhu tahun 2019 di kota Semarang, Jawa Tengah, ternyata menjadi yang terpanas sejak 1972. Udara panas di Kota Semarang ini berhasil memecahkan rekor dengan suhu mencapai 39,4 derajat Celcius. Angka ini menjadi yang tertinggi dalam kurun waktu 47 tahun terakhir. Dengan suhu tertinggi sebelumnya mencapai 38,5 derajat Celcius. Hasil perubahan permukaan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik persebaran suhu permukaan

IV.6 Validasi Suhu Permukaan

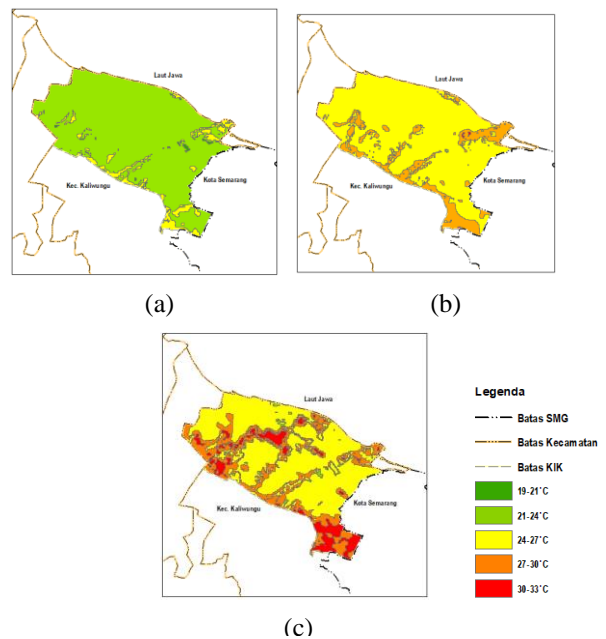
Suhu permukaan yang didapatkan dari pengolahan dengan citra satelit dilakukan validasi dengan menggunakan data sampel suhu permukaan yang diambil di lapangan, suhu permukaan yang diambil di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat thermometer *infrared*. Alat yang digunakan dalam melakukan validasi belum dilakukan kalibrasi alat. Validasi suhu permukaan dilakukan untuk mengetahui apakah hasil dari pengolahan mendekati dengan kejadian di lapangan. Validasi suhu permukaan hasil pengolahan dengan suhu permukaan dari sampel lapangan dapat diketahui ketelitiannya dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan dilakukan analisis regresi linier sederhana untuk mengetahui korelasi yang didapatkan dari persamaan yang terbentuk. Validasi hanya dilakukan hanya pada suhu permukaan tahun 2019 karena pada tahun-tahun sebelumnya tidak ada data yang mendukung untuk dilakukan uji ketelitiannya dan survei di lapangan hanya dilakukan pada tahun 2019, sehingga hasil suhu permukaan pada tahun 2009 dan tahun 2015 tidak dilakukan validasi suhu permukaan. Hasil dan selisih yang didapatkan bervariasi, RMSE yang dihasilkan sebesar 1,063. Hubungan suhu permukaan hasil olahan citra dengan suhu permukaan yang diambil di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis regresi linear sederhana dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hasil regresi suhu permukaan hasil olahan citra dengan suhu permukaan di lapangan

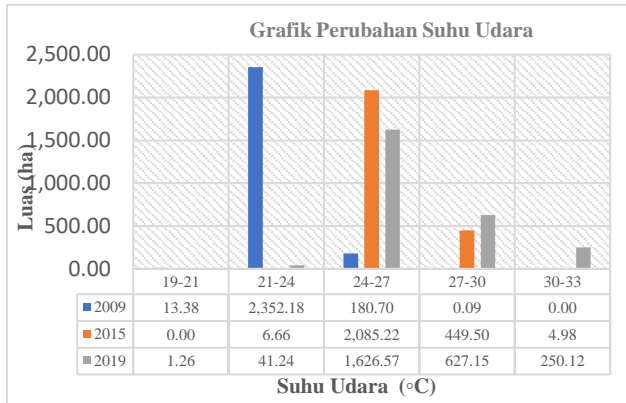
IV.7 Hasil Pengolahan Suhu Udara

Hasil pengolahan suhu udara yaitu peta persebaran suhu udara Kawasan Industri Kendal tahun 2009, 2015 dan 2019. Persebaran suhu permukaan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Persebaran suhu udara (a) 2009 (b) 2015 (c) 2019

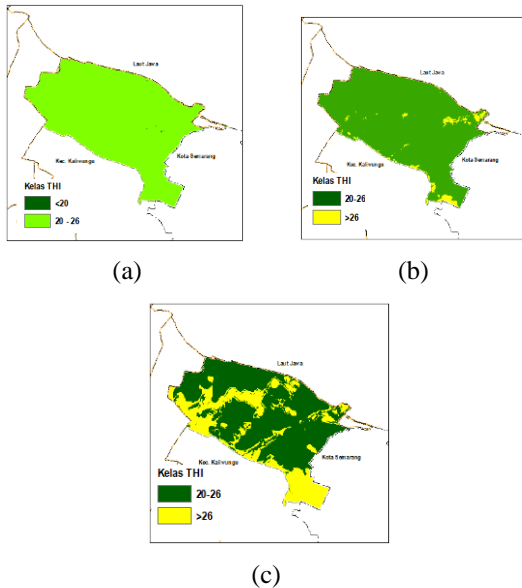
Hasil suhu udara mengalami peningkatan dari tahun 2009 sampai 2019 dimana pada tahun 2009 rentang kelas suhu terbesar pada 21-24 °C, sedangkan pada tahun 2015 dan 2019 rentang kelas suhu terbesar pada 24-27 °C. Suhu udara tahun 2015 dan 2019 memiliki rentang kelas suhu tertinggi pada 30-33 °C, hal ini menunjukkan peningkatan suhu udara dari tahun 2009. Suhu udara tahun 2019 pada rentang suhu 27-30 °C dan 30-33°C lebih dominan dari pada tahun 2015. Hasil pengolahan suhu udara dipengaruhi oleh hasil dari pengolahan suhu permukaan. Hasil perubahan suhu udara dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik persebaran suhu udara

IV.8 Hasil Pengolahan Tingkat Kenyamanan Termal

Hasil pengolahan tingkat kenyamanan termal yaitu peta tingkat kenyamanan Kawasan Industri Kendal tahun 2009, 2015 dan 2019. Persebaran tingkat kenyamanan termal dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Persebaran suhu udara
(a) 2009 (b) 2015 (c) 2019

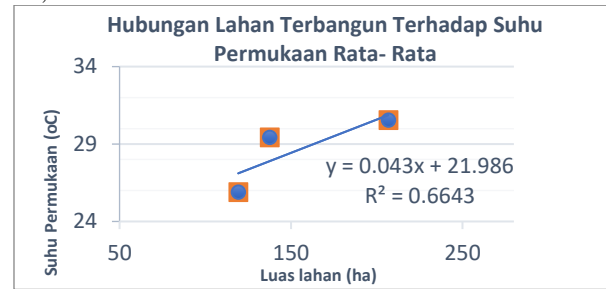
Tingkat kenyamanan termal tahun 2009, 2015 dan 2019 terus mengalami perubahan, dimana pada tahun 2009 daerah kawasan industri didominasi dengan tingkat nyaman dan terus mengalami perubahan hingga tahun 2019 banyak perubahan menjadi daerah yang tidak nyaman. Tingkat kenyamanan termal di daerah Kawasan Industri Kendal masih tergolong kedalam daerah yang nyaman.

IV.9 Analisis Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Suhu Permukaan

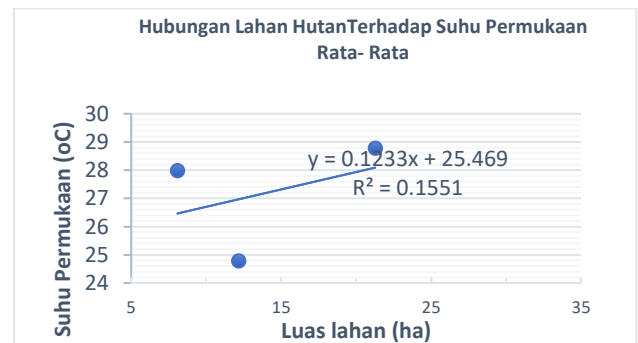
Perubahan lahan di daerah kawasan industri terus mengalami peningkatan karena dalam tahapan pembangunan sehingga perubahan lahan akan terus

meningkat. Peningkatan perubahan lahan memiliki pengaruh terhadap suhu permukaan, hal ini ditunjukkan dari hasil suhu permukaan tahun 2009 sampai 2019 terus mengalami peningkatan.

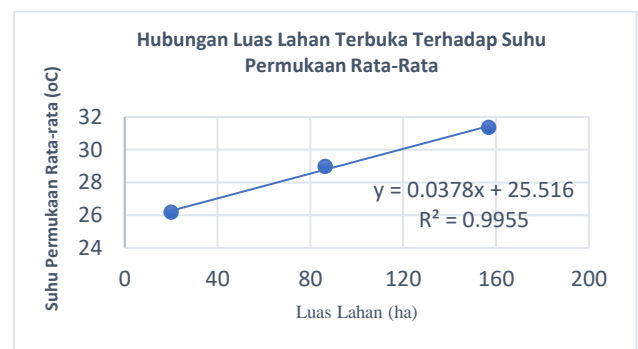
Perubahan lahan yang didominasi oleh lahan terbuka dan lahan terbangun menyebabkan suhu permukaan meningkat. Analisis antara perubahan tutupan lahan dengan suhu permukaan tanah dilakukan regresi linier untuk mengetahui hubungan antara keduanya, dimana x merupakan perubahan lahan dan y merupakan suhu permukaan. Hasil regresi dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 11 Hasil regresi antara lahan terbangun dengan suhu permukaan rata-rata



Gambar 12 Hasil regresi antara vegetasi rapat dengan suhu permukaan rata-rata



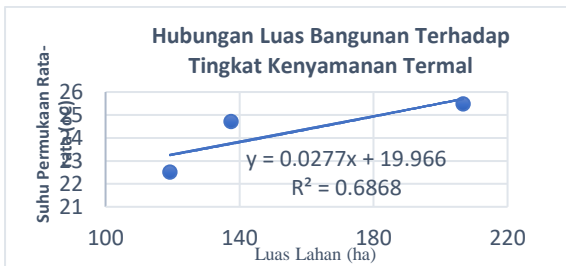
Gambar 13 Hasil regresi antara lahan terbuka dengan suhu permukaan rata-rata

IV.10 Analisis Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal

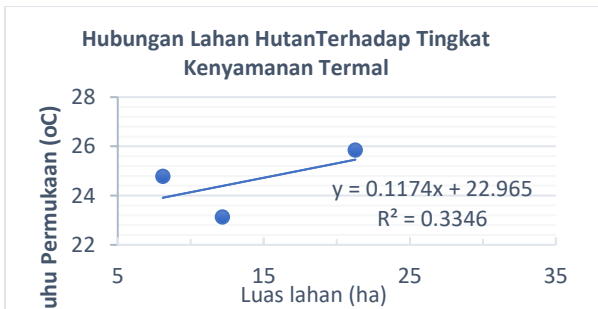
Perubahan lahan di daerah kawasan industri terus mengalami peningkatan karena dalam tahapan pembangunan sehingga perubahan lahan akan terus meningkat. Peningkatan perubahan lahan memiliki

pengaruh terhadap suhu permukaan yang menyebabkan daerah menjadi tidak nyaman untuk ditempati. hal ini ditunjukkan dari hasil suhu permukaan tahun 2009 sampai 2019 terus mengalami peningkatan dan banyak daerah akibat perubahan lahan menjadi tidak nyaman ditempati.

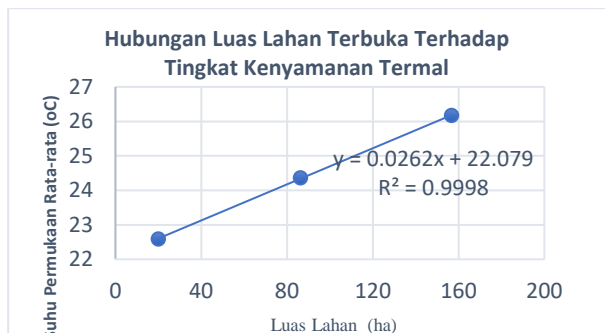
Perubahan lahan yang didominasi oleh lahan terbuka dan lahan terbangun menyebabkan suhu permukaan meningkat menyebabkan menjadi daerah yang tidak nyaman ditempati. Analisis antara perubahan tutupan lahan dengan tingkat kenyamanan termal dilakukan dengan regresi linier untuk mengetahui hubungan antara keduanya, dimana x merupakan perubahan lahan dan y merupakan tingkat kenyamanan termal. Hasil regresi dapat dilihat pada Gambar 14, Gambar 15 dan Gambar 16.



Gambar 14 Hasil regresi antara lahan terbangun dengan tingkat kenyamanan termal



Gambar 15 Hasil regresi antara lahan hutan dengan tingkat kenyamanan termal



Gambar 16 Hasil regresi antara lahan terbuka dengan tingkat kenyamanan termal

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Hasil penelitian memiliki kesimpulan menjawab rumusan masalah. Berikut adalah kesimpulan dalam penelitian ini:

1. Perubahan tutupan lahan memiliki hubungan dengan suhu permukaan. Perubahan lahan yang terjadi mengakibatkan perubahan suhu permukaan. Hasil analisis regresi hubungan perubahan lahan dengan suhu permukaan sebagai berikut:
 - a. Perubahan lahan pada kelas bangunan tahun 2009 dengan 2019 meningkat sebesar 87,49 ha dan mengakibatkan suhu permukaan pada tahun 2009 hingga 2019 mengalami kenaikan suhu permukaan sebesar 5°C.
 - b. Perubahan lahan pada kelas lahan terbuka tahun 2009 dengan 2019 meningkat sebesar 136,847 ha dan mengakibatkan suhu permukaan pada tahun 2009 hingga 2019 mengalami kenaikan suhu permukaan sebesar 5°C.
2. Perubahan lahan mengakibatkan tingkat kenyamanan termal di beberapa daerah menjadi tidak nyaman, hal ini terjadi karena perubahan lahan yang awalnya berupa tambak menjadi bangunan dan Lahan terbukamenyebabkan suhu permukaan naik dan mengakibatkan kenaikan pada tingkat kenyamanan termal. Perubahan lahan pada kelas bangunan tahun 2009 dengan 2019 mengalami peningkatan sebesar 87,49 ha menyebabkan kenaikan tingkat kenyamanan termal sebesar 3°C. hubungan antara perubahan lahan dengan tingkat kenyamanan termal pada kelas bangunan menunjukkan persamaan $y = 0,0277x + 19,966$ dan koefisien determinasi = 0,6868, Nilai 0,0277 menunjukkan bahwa adanya hubungan berbanding lurus antara perubahan luas lahan bangunan dengan tingkat kenyamanan termal.

V.2 Saran

Penelitian ini ditemukan beberapa saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran yang dapat disampaikan:

1. Pengambilan sampel suhu permukaan untuk validasi dilakukan di hari yang sama dengan tanggal akuisisi citra yang digunakan dan merata diseluruh wilayah penelitian agar suhu yang dihasilkan lebih akurat.
2. Pengambilan sampel suhu permukaan menggunakan alat ukur suhu yang lebih teliti perlu dikalibrasi untuk mengetahui ketelitian dari alat ukur yang digunakan.
3. Pengambilan citra satelit dilakukan pada bulan yang sama agar mengurangi perbedaan musim.
4. Pengolahan suhu permukaan sebaiknya dilakukan koreksi atmosfer.
5. Pengolahan sebaiknya menggunakan koreksi *Bottom of Atmosphere* (BOA) untuk mengurangi kesalahan di atmosfer.

Daftar Pustaka

Alipour, T., Sarajian, M. R., dan Esmaeily, A. (t.t.). Land Surface Temperature Estimation From Thermal Band Of Landsat Sensor, Case Study: Alashtar City.

- The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol 7.
- BIG. (2016). Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang. BIG.
- Badan Informasi Geospasial. (2014). Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2010). Klasifikasi Penutup Lahan (SNI 7645). Jakarta.
- Danoedoro, P. (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta: CV.ANDI OFFSET.
- Effendy, S. (2007). Keterkaitan Ruang Terbuka Hijau Dengan Urban Heat Island Wilayah Jabotabek. (Disertasi). Departemen Meteorologi dan Geofisika IPB, Bogor
- Fadholi, A. (2016). Pemanfaatan Suhu Udara Dan Kelembapan Udara Dalam Persamaan Regresi Untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan Di Pangkalpinang. Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Ilmu Matematika dan Matematika Terapan, Vol 3(1). <https://doi.org/10.12928/admathedu.v3i1.4828>
- Fawzi, N. I. (2014). Pemetaan Emisivitas Permukaan Menggunakan Indeks Vegetasi. Majalah Ilmiah Globè, Vol 16(2), 8.
- Hafiyyan. (2019). Pengelola Kawasan Industri Kendal Tunggu PP KEK Terbit. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20191010/47/1157432/pengelola-kawasan-industri-kendal-tunggu-pp-kek-terbit>. Diakses Pada 5 Oktober 2019.
- Mukmin, S. A. 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, Vol 5.
- Kalfuadi, Y. (2009). Analisis Temperature Heat Index (THI) Dalam Hubungannya Dengan Ruang Terbuka Hijau. (Skripsi). Departemen Meteorologi dan Geofisika IPB, Bogor.
- Kumparan. (2019). Pecah Rekor, Semarang Alami Suhu Terpanas dalam 47 Tahun Terakhir. <https://kumparan.com/kumparansains/pecah-rekor-semarang-alami-suhu-terpanas-dalam-47-tahun-terakhir-1s6rYpI5Vh6>. Diakses Padas 4 November 2019.
- Kusumaningrat, M. D., Subiyanto, S., dan Yuwono, B. D. (2017). Analisis Perubahan Penggunaan Dan Pemanfaatan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Tahun 2009 Dan 2017. Jurnal Geodesi Undip, Vol 5(No 4).
- Peraturan Pemerintah Tentang Kawasan Industri Nomor 2. (2015).
- Peraturan Pemerintah Tentang Pembangunan Sarana Dan Prasarana Industri Nomor 2. (2017).
- Pepdagri. 2014.Undang-Undang Tentang Perindustrian Nomor 3.<https://kemenperin.go.id/download/5181/Undang-Undang-No-3-Tahun-2014-Perindustrian>. diambil pada tanggal 5 Oktober 2019.
- Sampurno, R., Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (Oli) Di Kabupaten Sumedang. Jurnal Teknotan, Vol 10(2), 61–70. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.9>
- Tursiowati, L. (2015). Pengaruh Perkembangan Pembangunan Daerah Urban Pada Perubahan Iklim dan Lingkungan di Semarang. Bidang Aplikasi Klimatologi dan Lingkungan LAPAN. Semarang
- Wiweka. (2014). Pola Suhu Permukaan Dan Udara Menggunakan Citra Satelit Landsat Multitemporal. Jurnal Ecolab, Vol 8(1), 11–22. <https://doi.org/10.20886/jklh.2014.8.1.11-22>