

**ANALISIS PERKEMBANGAN KAWASAN INDUSTRI DAN PERMUKIMAN TERHADAP RUANG TERBUKA HIJAU DAN SUHU PERMUKAAN TANAH  
(STUDI KASUS : KECAMATAN KALIWUNGU DAN KECAMATAN BOJA, KABUPATEN KENDAL)**

Dwi Yulinanda Pratiwi<sup>\*)</sup>, Bambang Sudarsono, Fauzi Janu Amarrohman

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788

Email : [dyulinanda@gmail.com](mailto:dyulinanda@gmail.com)

**ABSTRAK**

Berkembangnya kawasan industri di daerah Kendal membuat perpindahan penduduk dari luar wilayah Kendal ke dalam wilayah Kendal yang memiliki tujuan untuk menetap dan mendapatkan pekerjaan. Oleh karena itu, fasilitas diperlukan dalam menunjang kebutuhan pekerja seperti kesehatan, permukiman, pendidikan, rekreasi, energi air dan sebagainya. Perubahan lahan kering atau persawahan menjadi lahan terbangun ini disebabkan karena adanya mobilisasi penduduk ke dalam wilayah Kendal. Hal tersebut disinyalir menyebabkan luas RTH menjadi berkurang dan suhu permukaan mengalami peningkatan. Tujuan dari penelitian ini yaitu dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perubahan luas lahan industri dan permukiman di Kecamatan Kaliwungu dan Boja akan berpengaruh terhadap luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) dan suhu permukaan. Citra Quickbird tahun 2010 dan citra SPOT 6 tahun 2019, serta citra Landsat 7 tahun 2010 dan citra Landsat 8 tahun 2019 adalah data yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk mengetahui luas lahan industri dan permukiman tahun 2010 dan 2019 dilakukan dengan *digitasi on screen* menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Sedangkan perubahan suhu permukaan dihitung menggunakan algoritma *Land Surface Temperature (LST)* dengan perangkat lunak ENVI. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya penambahan luas lahan industri dan permukiman di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja sehingga berakibat pada penurunan luas Ruang Terbuka Hijau (RTH). Penambahan luas lahan industri dan permukiman juga menyebabkan suhu permukaan mengalami peningkatan. Suhu permukaan di Kecamatan Kaliwungu mengalami peningkatan dari 22,926 °C pada tahun 2010 menjadi 27,678 °C pada tahun 2019, sedangkan di Kecamatan Boja suhu permukaan mengalami peningkatan dari 21,525 °C pada tahun 2010 menjadi 26,967 °C pada tahun 2019.

**Kata Kunci :** Digitasi On screen, Industri, Land Surface Temperature (LST), Ruang Terbuka Hijau, Permukiman.

**ABSTRACT**

*The development of industrial estates in the Kendal area made the migration of people from outside the Kendal area into the Kendal region who intend to stay and get a job. In this case, planning is needed to build the facility that can support the needs of the workers such as health, housing, education, recreation, water energy and etc. The change of dry land or rice fields to developed land was due to the mobilization of residents into the Kendal region. This matter allegedly causes the area of green open space to decrease and surface temperature to increase. The purpose of this research is to find out whether there are changes in the area of industrial land and settlements in Kaliwungu and Boja Sub-Districts which will affect the area of Green Open Space (RTH) and surface temperature. Quickbird images in 2010 and SPOT 6 images in 2019, as well as Landsat 7 images in 2010 and Landsat 8 images in 2019 are the data used in this study. To find out the area of industrial land and settlement in 2010 and 2019, it was carried out by digitizing on screen using ArcGIS software. While the change in surface temperature is calculated using the Land Surface Temperature (LST) algorithm with ENVI software. The results of this study indicate that there is an increase in the area of industrial land and settlements in Kaliwungu District and Boja District so that it results in a reduction in the area of Green Open Space (RTH). The addition of industrial land and settlement area also causes the surface temperature to increase. Surface temperature in Kaliwungu District increased from 22,926 °C in 2010 to 27,678 °C in 2019, while in Boja Subdistrict the surface temperature increased from 21,525 °C in 2010 to 26,967 °C in 2019.*

**Keywords :** Area of Green Space, Digitized On screen, Industry, Land Surface Temperature (LST), Settlement.

*\*) Penulis Penanggung Jawab*

**I. Pendahuluan**

**I.1 Latar Belakang**

Perkembangan industri di perkotaan membutuhkan perhatian yang khusus terkait penataan ruang kawasan perkotaan, untuk mengatasi kondisi lingkungan di daerah perkotaan dibutuhkan fasilitas umum dan sosial, serta ruang-ruang terbuka publik (*open spaces*) dan kawasan permukiman. Ruang terbuka hijau (RTH) secara umum meliputi RTH publik seperti, taman, pemakaman, hutan kota, lapangan, sempadan jalan dan sempadan sungai serta RTH privat seperti halaman kantor, pekarangan, dan taman atap bangunan.

Perkembangan Kawasan industri di Kabupaten Kendal membuat adanya mobilisasi yang berniat untuk menetap dan mendapatkan pekerjaan. Sehingga perlu direncanakan pembangunan fasilitas umum, kesehatan, pendidikan, sumber daya air dan hiburan. Perpindahan penduduk dari luar wilayah Kendal menuju wilayah Kendal membuat perubahan lahan dari lahan terbuka atau lahan kering berubah menjadi lahan terbangun. Perubahan penggunaan lahan tersebut disinyalir membuat berkurangnya RTH, apalagi sesuai data yang diperoleh tahun 2010 Kabupaten Kendal baru berhasil melakukan penataan RTH seluas 121.914,53 m<sup>2</sup> dari total luas wilayah, yaitu 1.002,23 km<sup>2</sup>. Menurut data tersebut RTH di Kabupaten Kendal masih dikatakan kurang (Ratri, 2017).

Persetujuan ijin Kawasan Industri Kendal (KIK) oleh Badan Penanaman Modal dan Perijinan Terpadu Kabupaten Kendal, sehingga pengembangan kawasan industri sudah pasti dilaksanakan dalam waktu dekat. Peraturan daerah Kabupaten Kendal Nomor 24 tahun 2007 tentang Rencana Detail Tata Ruang telah mengatur pembangunan Kawasan Industri Kendal di Kaliwungu Kabupaten Kendal. Hal tersebut diperkirakan dapat berakibat pada berkurangnya ruang terbuka hijau di Kabupaten Kendal. Selain perkembangan kawasan industri di Kabupaten Kendal, perkembangan permukiman juga disinyalir penyebab berkurangnya RTH di Kabupaten Kendal (Kendal, 2007).

Keberadaan RTH (Ruang Terbuka Hijau) pada skala mikro-regional memiliki fungsi ekologis dalam mengatur suhu permukaan, sehingga setiap kebijakan mengubah RTH akan merubah suhu permukaan di perkotaan. Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini yaitu mengkaji dampak perubahan RTH terhadap suhu permukaan karena adanya perubahan lahan industri dan permukiman di Kecamatan

Kaliwungu dan Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal dengan memanfaatkan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga peta perubahan RTH yang dihasilkan dapat membantu dalam perencanaan penataan ruang untuk Kawasan Kabupaten Kendal khususnya Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal.

**I.2 Perumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perubahan luas kawasan industri dan permukiman di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja tahun 2019 dan 2010?
2. Bagaimana luas RTH akibat perubahan luas kawasan industri dan permukiman tahun 2019 dan 2010?
3. Bagaimana perubahan suhu permukaan akibat perubahan RTH di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja tahun 2019 dan 2010?

**I.3 Tujuan Penelitian**

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui perubahan kawasan industri dan permukiman di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja pada tahun 2010 dan 2019.
- 2) Untuk mengetahui klasifikasi luas RTH akibat perubahan industri dan permukiman di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja pada tahun 2010 dan 2019.
- 3) Untuk mengetahui suhu permukaan akibat perubahan RTH di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja pada tahun 2010 dan 2019.

2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- a. Segi Keilmuan  
Menambah pengetahuan mengenai pengolahan LST untuk mengetahui suhu permukaan serta pengklasifikasian RTH (Ruang Terbuka Hijau) menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 05/PRT/M/2008.
- b. Segi Kerekayasaan  
Penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi Instansi terkait dalam pembangunan Ruang Terbuka Hijau, Kawasan industri dan permukiman di Kabupaten Kendal

khususnya di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja.

**I.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja, Kabupaten Kendal.
2. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan Kawasan industri dan permukiman serta persebaran RTH di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja.
3. Kriteria industri yang diteliti meliputi industri besar atau pabrik-pabrik yang ada di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja, Kendal.
4. Pengolahan suhu permukaan dilakukan dengan menggunakan citra Landsat 7 tahun 2010 dan citra Landsat 8 tahun 2019 .
5. Algoritma LST (*Land Surface Temperature*) dengan Landsat 8 dan Landsat 7 tidak mempertimbangkan Panjang gelombang.
6. Digitasi yang dilakukan meliputi industri, permukiman serta RTH (meliputi hutan kota, taman, lapangan, makam, pekarangan, sempadan jalan dan sempadan sungai)
7. Validasi dilakukan dengan survey lapangan dengan sampel hasil digitasi di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja.
8. Validasi suhu dilakukan dengan mengambil sampel suhu permukaan menggunakan termometer infrared disetiap klasifikasi suhu.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Ruang Terbuka Hijau**

Menurut Peraturan Mentria Pekerjaan Umum Nomor : 05/PRT/M/2008, ruang ruang terbuka hijau adalah area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah ataupun sengaja. Ruang terbuka hijau (RTH) privat, adalah RTH milik institusi tertentu atau orang perseorngan yang pemanfaatannya untuk kalangan terbatas antara lain berupa kebun, atau rumah/gedung milik masyarakat/swasta yang ditanami tumbuhan. Ruang terbuka hijau public adalah RTH yang dimiliki dan dikelola oleh pemerintah daerah kota/kabupaten yang digunakan untuk kepentingan masyarakat secara umum (Mentri Pekerjaan Umum, 2008).

**II.2 Industri**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 142 Tahun 2015, industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri.

**II.3 Permukiman**

Dalam UU No.11 tahun 2011 permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain dikawasan perkotaan atau kawasan perdesaan.

**II.4 Indeks NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*)**

Indeks vegetasi adalah suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan citra multi spektral dalam menampilkan aspek kerapatan vegetasi maupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan seperti biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil dan sebagainya. Indeks vegetasi adalah transformasi matematis dengan melibatkan beberapa saluran sekaligus, sehingga amenghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi (Daneodoro, 2012).

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

Keterangan:

*NDVI* = *Normalized Difference Vegetation Index*

*NIR* = Nilai spektral saluran *Near Infrared*

*RED* = Nilai spektral saluran *Red*

**II.5 Emisivitas**

Emisivitas adalah rasio energi yang diradiasikan oleh material tertentu dengan energi yang dihasilkan oleh benda hitam (*black body*) pada temperatur yang sama. Faktor yang mempengaruhi emisifitas diantaranya suhu, sudut emisi dan panjang gelombang radiasi. Emisivitas merupakan kemampuan suatu benda dalam meradiasikan energi yang diserapnya. Semakin kasar dan hitam pada suatu benda, maka nilai emisivitasnya mendekati satu (Weng, 2014).

Dalam melihat presentasi proyeksi vertikal dari tutupan lahan bervegetasi disuatu daerah dapat dilakukan dengan menghitung fraksi vegetasi (*Pv*) dan memiliki rentang nilai 0-1. Dalam mendapatkan nilai *Pv* perlu menskalakan NDVI dalam meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fluks energi permukaan. Persamaan yang digunakan untuk

mencari nilai  $P_v$  adalah sebagai berikut (Carlson dan Ripley dalam Fawzi, 2014):

$$P_v = \left( \frac{|NDVI| - NDVI_{min}}{NDVI_{maks} - NDVI_{min}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- NDVI = Hasil pengolahan indeks vegetasi
- NDVI<sub>min</sub> = Nilai minimum hasil pengolahan indeks vegetasi
- NDVI<sub>maks</sub> = Nilai maksimum hasil pengolahan indeks vegetasi

Perhitungan emisivitas permukaan dapat digunakan pada kondisi permukaan bumi yang heterogen adalah sebagai berikut:

$$\epsilon = \epsilon V P_v + \epsilon S(1 - P_v) + d\epsilon P_v(1 - P_v) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $\epsilon$  = Emisivitas permukaan
- $\epsilon V$  = Nilai emisivitas vegetasi (0.985)
- $\epsilon S$  = Nilai emisivitas tanah (0.960)
- $d\epsilon$  = Faktor bentuk (0.06)

**II.6 Suhu Permukaan**

Suhu permukaan merupakan suhu bagian terluar dari suatu obyek. Suhu permukaan dalam suatu tanah terbuka yaitu suhu pada lapisan terluar permukaan tanah. Sedangkan dalam vegetasi dapat dikatakan sebagai suhu permukaan kanopi tumbuhan, dan dalam tubuh air merupakan suhu dari permukaan air tersebut (Kalfuadi, 2009). Berikut tahapan dan rumus-rumus yang digunakan untuk mendapatkan suhu permukaan:

1. Konversi *Digital Number* (DN) ke nilai *Spectral Radiance*
2. Konversi nilai *spectral radiance* ( $L\lambda$ ) ke *Brightness Temperature* (TB)

Persamaan menggunakan dua konstanta kalibrasi,  $K_1 = 666.09 W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$  dan  $K_2 = 1282.71 K$  untuk *band* 6 Landsat 7 sedangkan untuk *band* 10 Landsat 8,  $K_1 = 774.8853 W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$  dan  $K_2 = 1321.0789 K$  (USGS, 2019):

$$TB = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \right) - 273 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- T = TOA *Brightness Temperature* ( $^{\circ}C$ )
- $L\lambda$  = *Spectral Radiance* ( $Watts/(m^2 * sr * \mu m)$ )
- $K_1$  = Termal *conversion constant for the band* ( $K_1\_CONSTANT\_BAND$  from the metadata)

$K_2$  = Termal *conversion constant for the band* ( $K_2\_CONSTANT\_BAND$  from the metadata)

273 = Nilai untuk konversi suhu dalam satuan Kelvin menjadi Celcius

3. Konversi *Brightness Temperature* (TB) ke *Surface Temperature* (TS)

Persamaan yang digunakan merupakan persamaan yang ditentukan pertama kali oleh Artis dan Canahan (1982) serta Weng (2001) dalam (Andini, 2018):

$$TS = \frac{TB}{1 + \left( \frac{\lambda * TB}{\partial} * \ln \epsilon \right)} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- TS = Suhu Permukaan ( $^{\circ}C$ )
- $\lambda$  = Panjang gelombang dari radiasi yang dipancarkan (nilai tengah dari *band* termal ; *band* 6 (Landsat 7) = 11.45  $\mu m$  ; *band* 10 (Landsat 8) = 10.8  $\mu m$ )
- $\partial$  =  $hc/\sigma$  (besarnya =  $1.438 \times 10^{-2} mK$ )
- h = Konstanta Planck's ( $6.26 \times 10^{-34} J sec$ )
- c = Kecepatan cahaya ( $2.998 \times 10^8 m.sec^{-1}$ )
- $\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzman ( $1.38 \times 10^{-23} JK^{-1}$ )
- $\epsilon$  = Emisivitas objek
- TB = Suhu kecerahan ( $^{\circ}C$ )

**II.7 Matriks Konfusi**

Metode yang digunakan untuk mengindikasikan tingkat akurasi citra yang telah terklasifikasi yaitu menggunakan matriks konfusi. Bentuk matriks konfusi dapat dilihat dalam Tabel 1 (Jaya, 2007 dalam Fadilla, 2014)

**Tabel 1** Matriks Konfusi

Kelas Referensi	Data Interpretasi			Jumlah sampel	User's accuracy	
	A	B	C			
Data Referensi	A	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>-1</sub>	X <sub>11</sub> X <sub>+1</sub>
	B	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>-2</sub>	X <sub>21</sub> X <sub>+2</sub>
	C	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>-3</sub>	X <sub>31</sub> X <sub>+3</sub>
Total Sampel	X <sub>1+</sub>	X <sub>2+</sub>	X <sub>3+</sub>	N		
Producer's Accuracy	X <sub>11</sub> X <sub>1+</sub>	X <sub>12</sub> X <sub>2+</sub>	X <sub>13</sub> X <sub>3+</sub>			X <sub>ii</sub>

Beberapa persamaan fungsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$User's Accuracy = \frac{x_{11}}{X_{+1}} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

$$Producer's Accuracy = \frac{X_{11}}{X_{1+}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

$$Overall Accuracy = \left( \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

$$Kappa Accuracy = \left[ \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \right] \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

$N$  : Banyaknya sampel

$X_{1+}$ : Jumlah sampel dalam baris ke-i

$X_{+1}$ : Jumlah sampel dalam kolom ke-i

$X_{ii}$  : Nilai diagonal dari matrik kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

**II.8 Alat dan Data**

1. Peralatan Pengolahan Data

Peralatan pengolahan data terdiri dari 2 (dua) perangkat, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*):

1) Perangkat Keras (*Hardware*)

- a. Laptop digunakan dalam pengolahan data.
- b. *Handphone* digunakan untuk dokumentasi saat validasiutupan lahan dan suhu permukaan.
- c. *Thermometer Infrared* digunakan untuk pengukuran suhu saat validasi suhu permukaan.

2) Perangkat Lunak (*Software*)

- a. ENVI 5.1 digunakan dalam pengolahan citra mulai dari memotong citra, pengolahan LST (*Land Surface Temperature*), koreksi geometrik dan radiometrik.
- b. AcrGis 10.4.1 digunakan untuk digitasi *on screen* dan pengolahan sistem informasi geografis.
- c. Microsoft Office Word 2010 digunakan untuk membuat laporan tugas akhir.
- d. Microsoft Office Excel 2010 digunakan untuk perhitungan luas dan data sampel hasil validasi.
- e. Mobile Topographer untuk mendapatkan koordinat titik sampel.

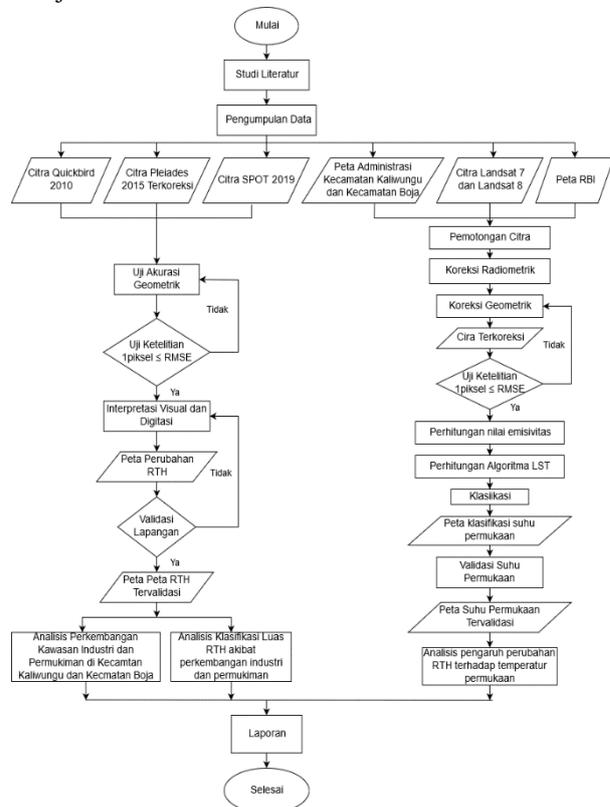
2. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Tabel 2 Data penelitian

No	Data	Sumber
1	Citra Satelit Landsat 7 Tahun 2010 (20 Maret 2010)	https://earthexplorer.usgs.gov
2	Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2019 (25 Juni 2019)	https://earthexplorer.usgs.gov
3	Peta Administrasi Kabupaten Kendal	BAPPEDA Kabupaten Kendal
4	Citra SPOT 6 tahun 2019	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
5	Citra Quickbird tahun 2010	Dinas Kehutanan Kota Semarang
7	Citra Pleiades tahun 2015	Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Kendal
8	Peta RBI	Badan Informasi Geospasial
9	Data sebaran sampel suhu	Survei Lapangan
10	Data sebaran sampel RTH, Industri dan Permukiman	Survei Lapangan

**II.9 Pengolahan Data**

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Diagram alir penelitian

**II.10 Alur Penelitian**

Pada penelitian ini dengan langkah dibagi menjadi tiga proses, yang terdiri dari:

1. Tahap persiapan
  - a. Melakukan studi literatur dan menetapkan lokasi penelitian
  - b. Pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian ini
2. Tahap pra pengolahan data
  - a. Citra *Gapfill*
  - b. Pemotongan citra
  - c. Kalibrasi radiometrik
  - d. Koreksi geometrik pada Landsat 7 dan uji akurasi koordinat pada citra Landsat 8, citra SPOT 6, dan citra Quickbird.
3. Tahap Pengolahan
  - a. Pengolahan index NDVI, emisivitas, dan LST.
  - b. Digitasi *on screen*.
  - c. Membuat geodatabase dan topologi.
  - d. *Overlay*.
4. Tahap analisis  
Tahap analisis hasil pada penelitian ini antara lain:
  - a. Menentukan luas Industri, permukiman, dan RTH tahun 2010 dan 2019.
  - b. Menentukan suhu permukaan tahun 2010 dan 2019.
  - c. Menghitung perubahan luas industri, luas permukiman, luas RTH dan suhu permukaan.
  - d. Analisis hubungan luas industri dan permukiman dengan luas RTH dan luas RTH dengan suhu permukaan.

**III. Hasil dan Pembahasan**

**III.1 Kalibrasi Radiometrik**

Kalibrasi radiometrik adalah proses mengubah nilai *Digital Number* menjadi pantulan atau pancaran *spectral* objek yang sebenarnya karena nilai pantulan atau pancaran dari objek yang direkam oleh sensor satelit bukanlah nilai sebenarnya yang disebabkan karena kesalahan radiometrik. Berikut hasil kalibrasi radiometrik pada **Tabel 3**.

**Tabel 3** Kalibrasi radiometrik

Citra	Band	Sebelum		Radian		Reflektan	
		Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min
Landsat 7 2010	B3	255	0	151.899994	23.217714	0.362749	0.055446
	B4	255	0	169.341736	14.255119	0.599242	0.050444
	B6	157	0	7.251654	1.817638	-	-
Landsat 8 2019	B4	41454	0	-	-	0.711240	0.000000
	B5	47240	0	-	-	0.829640	0.000000
	B10	34431	0	10.873272	0.000000	-	-

Dari **Tabel 3** terjadi perubahan nilai statistik sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi radiometrik. Sebelum dilakukan kalibrasi

radiometrik nilai DN Landsat 7 berubah dari sebelumnya 0 - 255 menjadi 0 - 1, untuk nilai DN Landsat 8 berubah dari sebelumnya 0 - 65535 menjadi 0 - 1 setelah dikonversi menjadi nilai reflektan.

**III.2 Hasil Analisa Uji Geometrik**

Penelitian ini menggunakan titik ICP sebanyak 12 titik dilakukan untuk uji akurasi geometrik yang tersebar di Kabupaten Kendal.

**Tabel 4** Hasil Uji Akurasi Geometrik

Citra	RMSE ICP (Meter)	CE90 (Meter)	Ketelitian Peta		
			Kelas 1 (Meter)	Kelas 2 (Meter)	Kelas 3 (Meter)
Landsat 7	13,320	20,213	-	-	22,5
Landsat 8	13,360	20,122	-	-	22,5
SPOT 6	5,770	8,755	-	-	9
Quickbird	2,101	3,188	-	-	4,5

Berdasarkan hasil uji akurasi yang didapatkan pada **Tabel 4**, maka citra Landsat 7 dan citra Landsat 8 digolongkan dalam kelas 3 dengan skala 1:25.000, citra SPOT 6 masuk ke dalam kelas 3 dengan skala 1:10.000, sedangkan citra Quickbird digolongkan ke dalam kelas 3 dengan skala 1:5.000, karena skala terbesar 1:5.000 maka ketelitian peta skala 1:5.000 adalah peta dengan skala maksimal, artinya data citra tersebut juga bisa disajikan sebagai peta dasar dengan menggunakan skala yang lebih kecil.

**III.3 Analisis Penggunaan Lahan Industri dan Permukiman**

Penggunaan lahan untuk permukiman dan industri Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja dalam hektar seperti pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

**Tabel 5** Penggunaan Lahan Kecamatan Kaliwungu

Klasifikasi	Kecamatan Kaliwungu			
	2010		2019	
	Ha	%	Ha	%
Industri	169,043	3,668	207,786	4,508
Permukiman	284,636	6,176	345,557	7,497

**Tabel 6** Penggunaan Lahan Kecamatan Boja

Klasifikasi	Kecamatan Boja			
	2010		2019	
	Ha	%	Ha	%
Industri	67,631	1,1418	92,952	1,5692
Permukiman	606,721	10,2428	645,579	10,8988

**III.4 Analisis Penggunaan Ruang Terbuka Hijau**

Penggunaan lahan untuk Ruang Terbuka Hijau Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja dalam hektar seperti pada **Tabel 7** dan **Tabel 8**.

**Tabel 7** RTH Kecamatan Kaliwungu

Klasifikasi	Tahun			
	2010		2019	
	Ha	%	Ha	%
Pekarangan	248,938	5,401	242,922	5,270
Lapangan	3,809	0,083	3,809	0,083
Makam	7,917	0,172	7,917	0,172
Taman	1,5	0,033	1,5	0,033
Sempadan Jalan	22,612	0,491	22,596	0,490
Sempadan Sungai	15,172	0,329	15,172	0,329
<b>Total</b>	<b>299,948</b>	<b>6,508</b>	<b>293,916</b>	<b>6,377</b>

**Tabel 8** RTH Kecamatan Boja

Klasifikasi	Tahun			
	2010		2019	
	Ha	%	Ha	%
Pekarangan	555,084	9,3710	543,024	9,1674
Lapangan	6,615	0,1117	6,615	0,1117
Makam	2,476	0,0418	2,476	0,0418
Taman	0,322	0,0054	0,322	0,0054
<b>Total</b>	<b>564,497</b>	<b>9,530</b>	<b>552,437</b>	<b>9,326</b>

**III.5 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2010 dan 2019**

Perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja diperoleh dengan cara analisa peta digital dengan tumpang susun atau *overlay intersect* peta penggunaan lahan tahun 2010 dan 2019. Berikut hasil perubahan penggunaan lahan dapat dilihat pada **Tabel 9** dan **Tabel 10**.

**Tabel 9** Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Kaliwungu

No	Keterangan		Luas Perubahan	
	2010	2019	Ha	%
1	Pekarangan	Industri	1,549	0,034
2	Permukiman	Industri	0,491	0,011
3	Penggunaan Lainnya	Industri	37,296	0,809
4	Pekarangan	Permukiman	11,650	0,253
5	Penggunaan Lainnya	Permukiman	56,281	1,221
6	Permukiman	Pekarangan	1,697	0,037
7	Penggunaan Lainnya	Pekarangan	11,853	0,257
8	Industri	Penggunaan Lainnya	0,593	0,013
9	Permukiman	Penggunaan Lainnya	5,322	0,115
10	Pekarangan	Penggunaan Lainnya	6,367	0,138
11	Sempadan Jalan	Penggunaan Lainnya	0,045	0,001

**Tabel 10** Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Boja

No	Keterangan		Luas Perubahan	
	2010	2019	Ha	%
1	Penggunaan Lainnya	Industri	25,321	0,427
2	Pekarangan	Permukiman	7,384	0,125
3	Penggunaan Lainnya	Permukiman	48,277	0,815
4	permukiman	Pekarangan	9,802	0,165
5	Industri	Penggunaan Lainnya	0,946	0,016
6	Permukiman	Penggunaan Lainnya	5,923	0,100
7	Pekarangan	Penggunaan Lainnya	14,476	0,244

**III.6 Matriks Konfusi**

Sempel dalam validasi lapangan mengambil 64 sempel. Dalam mendapatkan posisi/titik koordinat permukiman, industri dan RTH yang ada di lapangan, aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu

menggunakan *Mobile Topographer*. Hasil survei lapangan dilakukan perbandingan dengan hasil interpretasi citra dalam bentuk matriks konfusi seperti **Tabel-11**.

**Tabel 11** Matriks Konfusi

Klasifikasi	Digitasi								
	Permukiman	Industri	Pekarangan	Lapangan	Taman	Makam	Sempadan Jalan	Sempadan Sungai	Jumlah
Permukiman	21	1	0	0	0	0	0	0	22
Industri	0	14	0	0	0	0	0	0	14
Pekarangan	0	0	11	0	0	0	0	0	11
Lapangan	0	0	0	5	0	0	0	0	5
Taman	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Makam	0	0	1	0	0	5	0	0	6
Sempadan Jalan	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Sempadan Sungai	0	0	0	0	0	0	0	2	2
<b>Jumlah</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>64</b>

Dari matriks konfusi tersebut hasil yang didapatkan hampir semua klasifikasi bernilai 100% untuk nilai *user's accuracy*, kecuali klasifikasi permukiman yaitu sebesar 95% dan makam sebesar 83%. Nilai *producer's accuracy* hampir semua klasifikasi memiliki nilai 100%, kecuali klasifikasi industri yaitu sebesar 93% dan pekarangan 92%. Nilai *producer's accuracy* menunjukkan adanya kelas pada digitasi yang dimasuki oleh sempel yang benar. Hasil matriks konfusi untuk *overall accuracy* sebesar 97% dan untuk *kappa accuracy* sebesar 96%.

**III.7 Analisis Suhu Permukaan**

Distribusi suhu permukaan yang merupakan hasil pengolahan suhu permukaan (*Land Surface Temperature*) pada lokasi penelitian. Pengkatan/ penurunan suhu permukaan dari tahun ke tahun ditunjukkan dengan distribusi suhu permukaan disetiap daerah. Distribusi suhu permukaan ditunjukkan dengan sebaran warna dengan rentang suhu yang berbeda beda setiap objek di permukaan bumi, pengklasifikasin suhu permukaan dibagi menjadi 7 kelas.

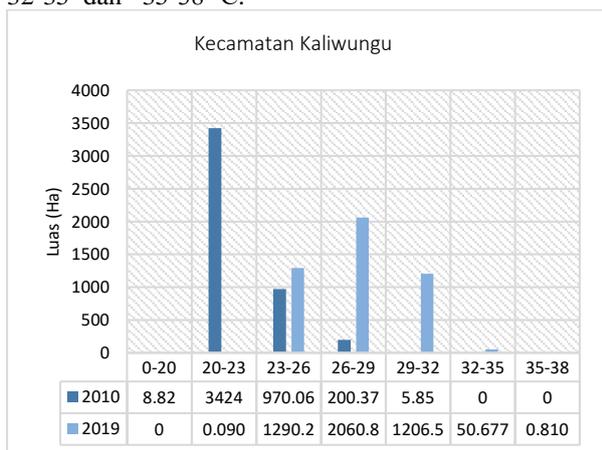
Suhu permukaan di Kecamatan Kaliwungu memiliki perbedan distribusi suhu dari tahun ke tahun, yakni untuk citra tahun 2010, distribusi suhunya dominan berwarna hijau yang menunjukkan bahwa suhu permukaan Kecamatan Kaliwungu relatif sejuk dengan kisaran suhu 20-23°C. Hasil pengolahan tahun 2010 memiliki tujuh kelas dalam distribusi suhu permukaan dengan suhu terendah dengan kelas 0-20°C dan tertinggi berada pada 29-32°C.

Pengolahan suhu permukaan pada tahun 2019 di Kecamatan Kaliwungu, menunjukkan adanya perubahan suhu menjadi lebih tinggi yang ditunjukkan dengan perubahan tampilan warna dominan berwarna oranye muda, terdapat warna oranye tua dan merah cerah yang tersebr di beberapa daerah. Hasil pengolahan suhu permukaan tahun 2019 terdistribusi dalam 6 kelas dengan suhu terendah pada kelas 20-23 °C dan tertinggi pada kelas 35-38 °C.

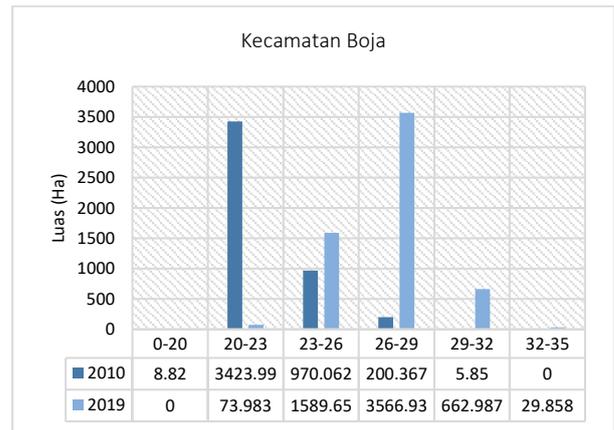
Di Kecamatan Boja perbedaan distribusi suhu permukaan dari tahun ke tahun, untuk citra tahun 2010 distribusi suhunya relatif sejuk dengan kisaran suhu 20-23°C dan dominan berwarna hijau tua. Hasil pengolahan suhu permukaan tahun 2010 di Kecamatan Boja terdistribusi dalam enam kelas suhu dengan suhu terendah pada kelas 0-20°C dan tertinggi berada pada 29-32°C.

Hasil pengolahan suhu permukaan tahun 2019 di Kecamatan Boja, menunjukkan terjadinya perubahan suhu menjadi lebih tinggi menunjukkan adanya perubahan suhu menjadi lebih tinggi yang ditunjukkan dengan perubahan tampilan warna dominan berwarna oranye muda, terdapat warna oranye tua dan merah cerah yang tersebar di beberapa daerah. Hasil pengolahan suhu permukaan tahun 2019 hanya terdistribusi dalam 5 kelas dengan suhu terendah pada kelas 20-23 °C dan tertinggi pada kelas 32-35 °C.

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa pada tahun 2010 suhu permukaan terendah berada pada rentang 0-20 °C, sedangkan untuk tahun 2019 suhu permukaan terendah berada pada rentang 20-23 °C. Distribusi suhu dengan rentang 20-23 °C didominasi oleh suhu hasil pengolahan 2010. Namun distribusi hasil pengolahan suhu permukaan tahun 2010 menurun drastis pada rentang 29-32 °C. Distribusi suhu permukaan hasil pengolahan tahun 2019 tertinggi pada rentang 26-29 °C dan mengalami penurunan distribusi hingga rentang suhu 35-38 °C. Distribusi suhu permukaan hasil pengolahan tahun 2019 lebih dominan dibanding hasil pengolahan tahun 2010 pada rentang suhu 23-26 °C, 26-29 °C, 29-32, 32-35 dan 35-38 °C.



Gambar 2 Grafik Perubahan Suhu Kecamatan Kaliwungu



Gambar 3 Grafik Perubahan Suhu Kecamatan Boja  
 Dari Gambar 3, dapat dilihat bahwa pada tahun 2010 suhu permukaan terendah berada pada rentang 0-20 °C, sedangkan pada tahun 2019 suhu permukaan terendah berada pada rentang 20-23 °C. Distribusi suhu dengan rentang 20-23 °C

didominasi oleh suhu hasil pengolahan 2010. Namun distribusi hasil pengolahan suhu permukaan tahun 2010 menurun drastis pada rentang 26-29 °C. Distribusi suhu permukaan hasil pengolahan tahun 2019 tertinggi pada rentang 26-29 °C dan mengalami penurunan distribusi hingga rentang suhu 32-35 °C. Distribusi suhu permukaan hasil pengolahan tahun 2019 lebih dominan dibanding hasil pengolahan tahun 2010 pada rentang suhu 23-26 °C, 26-29 °C, 29-32 °C dan 32-35 °C.

IV. Kesimpulan dan Saran

IV.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut ini:

1. Perubahan kawasan industri di Kecamatan Kaliwungu dalam kurun waktu 9 tahun mengalami kenaikan dari tahun 2010 seluas 169,043 Ha menjadi 207,786 Ha pada tahun 2019. Luas permukiman juga mengalami kenaikan dari luas 284,636 Ha pada tahun 2010 menjadi 345,557 Ha pada tahun 2019. Hal tersebut juga terjadi di Kecamatan Boja dalam kurun waktu 9 tahun luas kawasan industri mengalami kenaikan dari tahun 2010 seluas 67,631 Ha menjadi 92,952 Ha pada tahun 2019, untuk luas permukiman juga mengalami kenaikan dari 606,721 Ha pada tahun 2010 menjadi 645,579 Ha pada tahun 2019.
2. Kenaikan luas Kawasan industri di Kecamatan Kaliwungu tidak sejalan dengan luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang mengalami penurunan. Penurunan luas RTH dari

299,948 Ha pada tahun 2010 menjadi 293,916 Ha pada tahun 2019. Hal tersebut juga terjadi pada RTH di Kecamatan Boja, penurunan luas RTH dari 564,497 Ha pada tahun 2010 menjadi 552,437 Ha pada tahun 2019. Sehingga dapat disimpulkan di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja, semakin meningkat luas industri dari tahun 2010 sampai 2019, maka luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) mengalami penurunan.

3. Penurunan luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kecamatan Kaliwungu tidak sejalan dengan rata-rata suhu permukaan yang mengalami kenaikan. Kenaikan rata-rata suhu permukaan dari suhu 22,926 °C pada tahun 2010 menjadi 27,678 °C pada tahun 2019. Di Kecamatan Boja rata-rata suhu permukaan juga mengalami kenaikan dari suhu 21,525 °C pada tahun 2010 menjadi 26,967 °C pada tahun 2019. Sehingga dapat disimpulkan semakin menurun luas RTH dari tahun 2010 sampai 2019 di Kecamatan Kaliwungu dan Kecamatan Boja, maka suhu permukaan akan mengalami kenaikan.

#### IV.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian berikutnya antara lain:

1. Dalam penelitian sebaiknya menggunakan citra yang memiliki resolusi spasial sangat tinggi untuk mengidentifikasi perubahan industri, permukiman dan RTH hal ini dapat mempermudah dalam proses digitasi klasifikasi lahan.
2. Sebaiknya untuk pembangunan kawasan industri khususnya di Kecamatan Kaliwungu, perlu adanya pembangunan Ruang Terbuka Hijau (RTH) untuk mengimbangi suhu permukaan yang semakin meningkat.
3. Pengolahan perubahan suhu permukaan dengan citra Landsat sebaiknya menggunakan citra dengan waktu perekaman yang sama.

Ruang/Wilayah di Kecamatan Penjaringan Kota Administratif Jakarta Utara Menggunakan Sistem Informasi Geografis,” *Geodesi Undip*, 3, hal. 315–331.

- Fawzi, N. I. (2014) “Pemetaan Emisivitas Permukaan Menggunakan Indeks Vegetasi (Surface Emissivity Mapping Using Vegetation Indices),” hal. 133–140.
- Kalfuadi, Y. (2009) “Analisis Temperature Heat Index (THI) Dalam Hubungannya Dengan Ruang Terbuka Hijau. (Studi Kasus : Kabupaten Bungo - Propinsi Jambi),” *Meteorologi IPB*, hal. 27
- Kendal, P. K. (2007) *Peraturan Daerah Kabupaten Kendal No.24 Tahun 2007*. Indonesia.
- Mentri Pekerjaan Umum (2008) *Peraturan Mentri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2008*. Indonesia.
- Pemerintah Indonesia (2015) *Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri*. Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia (2010) *PP No 15 Tahun 2010*. Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia (2011) *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2011*. Indonesia.
- Ratri (2017) “Manajemen Tata Ruang (Penataan Ruang Terbuka Hijau) Di Kabupaten Kendal,” *FISIP UNDIP*, 6(2), hal. 103.
- Weng, Q. (2014) *Global Urban Monitoring and Assessment through Earth Observation Remote Sensing Applications Series*. Tersedia pada:  
<https://chart.googleapis.com/chart?chs=400x400&cht=qr&chl=https://books.google.co.id/books?id=FVvSBQAAQBAJ&source=qr>  
 (Diakses : 16 Juli 2019).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Daneodoro, P. (2012) *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Fadilla, R. (2014) “Analisis Kesesuaian Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Tata