

**HUBUNGAN ANTARA VARIASI *SPATIO-TEMPORAL* PULAU PANAS
DENGAN NILAI INDEKS VEGETASI MENGGUNAKAN CITRA
LANDSAT 8 OLI/TIRS DI KABUPATEN SLEMAN**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan



Oleh:
Maya Indah Sari
NIM 14405247002

**JURUSAN PENDIDIKAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2017**


PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul **“Hubungan Antara Variasi Spasial - Temporal Pulau Panas dengan Nilai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS di Kabupaten Sleman”** yang disusun oleh Maya Indah Sari, NIM 14405247002 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.


Yogyakarta, 29 Desember 2016

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.

NIP. 196502252000032001

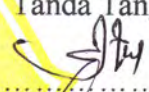
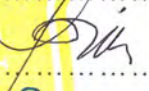
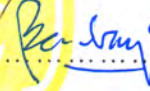

Nurul Khotimah, S.Si., M.Si.

NIP. 197906132006042001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Hubungan Antara Variasi *Spatio-Temporal* Pulau Panas dengan Nilai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS di Kabupaten Sleman” yang disusun oleh Maya Indah Sari, NIM 14405247002 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 17 Januari 2017 dan dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Nurul Khotimah, M.Si.	Ketua Penguji		24 Januari 2017
Dr. Dyah Respati Suryo Sumunar, M.Si.	Sekretaris Penguji		24 Januari 2017
Bambang Saeful Hadi, M.Si.	Penguji Utama		23 Januari 2017

Yogyakarta, Januari 2017
Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,



Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M. Ag.
NIP. 19620321 198903 1 001

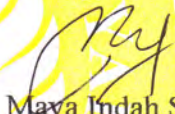
SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.



Yogyakarta, 29 Desember 2016
Yang Menyatakan,


Maya Indah Sari
NIM. 14405247002

MOTTO

Ganjaranmu tergantung pada kadar lelahmu (HR. Muslim)

Andai perjuangan mudah, pasti ramai yang menyertainya. Andai perjuangan ini singkat, pasti ramai yang istiqomah. Andai perjuangan ini menjanjikan kesenangan dunia, pasti ramai orang yang tertarik padanya. Tetapi hakikat perjuangan bukanlah begitu, turun-naiknya, sakit-pedihnya, umpama kemanisan yang tak terhingga (Hasan Al Banna)

Be your best self is the best thing you could do to help others (Penulis)

PERSEMBAHAN

Senandung lirih hari tanpa Bunda

Mengukir Mahakarya Pencipta suka duka

Di sini lunglai kugerakkan kaki

Sekedar bertahan hidup ataupun mengemis pagi

Agar Bunda tak teteskan air mata

Agar Bunda berkenan bertemu di Surga

Tugas Akhir ini Maya Indah Sari persembahkan untuk:

Bapak H. Gusti Muhammad Saleh, S.H. dan Mama Sri Wahyuningsih (almh.) yang telah membesarkan lima putra – putri bangsa dengan luar biasa, dalam pengorbanan dan ketulusannya yang tak mungkin terganti. Maafkan bila tak seberapa; langkah demi langkah tetap akan kujejakkan demi ridho-mu dan Allah Azza Wajalla.

Saudara tersayang,

Muhammad Adrisyah, S.E. & keluarga kecilnya.

dr. Neny Dwi Anggraeni, Sp. OG & keluarga kecilnya.

Kapten Czi. Muhammad Syahairony & keluarga kecilnya.

Rina Septiriana, M.Cs. & keluarga kecilnya.

Serta masa depan yang mengharapakan kebermanfaatan masa mudaku.

Terimakasih atas hari kemarin, hari ini, dan hari esok yang menguatkan jiwa.

HUBUNGAN ANTARA VARIASI *SPATIO-TEMPORAL* PULAU PANAS DENGAN NILAI INDEKS VEGETASI MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OLI/TIRS DI KABUPATEN SLEMAN

Oleh:

Maya Indah Sari
NIM 14405247002

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) Variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman. (2) Variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman. (3) Hubungan antara pulau panas dan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

Desain penelitian ini adalah korelasional dan merupakan penelitian populasi yang dilakukan dengan pendekatan spasial dan temporal untuk menganalisis data secara keruangan pada tahun perekaman citra yang berbeda. Variabel dalam penelitian ini berupa suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi. Populasi data penelitian ini adalah suhu permukaan lahan berdasarkan unit piksel hasil transformasi LST dan kerapatan vegetasi berdasarkan unit piksel hasil transformasi NDVI pada citra Landsat 8 OLI/ TIRS multitemporal tahun 2013 dan 2015 dalam cakupan wilayah Kabupaten Sleman. Ditentukan 51 sampel uji akurasi hasil penelitian berdasarkan rumus Fitzpatrick Lins untuk uji ketelitian hasil transformasi citra, dengan menggunakan teknik *propotional random sampling*. Pengumpulan data dilakukan dengan metode interpretasi citra, observasi, dan dokumentasi. Teknik analisis data dalam interpretasi citra berupa transformasi citra LST, NDVI, dan statistik spasial. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah komputer yang terinstalasi perangkat lunak ENVI 4.5 dan ILWIS 3.3 untuk pengolahan data penginderaan jauh, SPSS 3.3 untuk uji statistik, dan ArcGIS 10.1 untuk pemetaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman teridentifikasi dalam pola *clustered* (mengelompok) dengan rasio tetangga terdekat senilai 0,433 pada tahun 2013 dan 0,157 pada tahun 2015. (2) Variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) yang berada pada wilayah perkembangan pulau panas di Kabupaten Sleman adalah indeks vegetasi sangat rendah dengan rentang nilai 0 – 0,2 DN yang teridentifikasi dalam pola *dispersed* (tersebar merata) dengan rasio tetangga terdekat senilai 2,479 pada tahun 2013 dan 2,590 pada tahun 2015. (3) Hubungan antara suhu permukaan lahan hasil transformasi citra dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) berdasarkan indeks Moran berada pada nilai korelasi -0,431 di tahun 2013 dan -0,546 di tahun 2015, atau menunjukkan hubungan negatif yang kuat di antara kedua variabel.

Kata Kunci: Kabupaten Sleman, Penginderaan Jauh, LST, NDVI.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalamu'alaykum wr.wb,

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan kemudahan dalam menyusun penelitian dengan judul “Hubungan Antara Variasi *Spatio-Temporal* Pulau Panas dengan Nilai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 8 OLI/TIRS di Kabupaten Sleman”. Penelitian ini menjadi dasar karya tulis terkait latar belakang studi di Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta, khususnya untuk memperoleh gelar sarjana pendidikan.

Karya tulis ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak hingga akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Atas terselesaikannya karya tulis ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Rochmat Wahab, M.Pd., M.A. selaku Rektor Universitas Negeri Yogyakarta
2. Bapak Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta
3. Ibu Dr. Hastuti, M.Si. selaku Kepala Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Dyah Respati Suryo S., M.Si. selaku Pembimbing I Tugas Akhir Skripsi yang telah memberikan dukungan moral dan materil selama masa penyusunan skripsi.
5. Ibu Nurul Khotimah, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing II Tugas Akhir Skripsi serta selaku Dosen Pembimbing Akademik yang dengan sabar senantiasa memberikan dukungan dan arahan kepada penulis selama tahun perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
6. Bapak Bambang Saeful Hadi, M.Si. selaku Narasumber Tugas Akhir Skripsi yang banyak memberikan masukan untuk penyelesaian skripsi.
7. Bapak/ Ibu pengajar Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah mendidik, membina dan

memberikan ilmu serta pengarahan sehingga penyusun siap dalam pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir Skripsi.

8. Mas Agung selaku penanggung jawab administrasi Jurusan Pendidikan Geografi yang dengan sabar selalu meluangkan waktu dan tenaga dalam memberikan dukungan kepada penulis sejak awal hingga akhir pendidikan.
9. Bumi Hijau dan Geobers, pejuang dalam satu perjuangan yang secara langsung dan tidak langsung memberikan dukungan moral kepada penulis.
10. Yan Budiarti, Wahyu Widi Pamungkas, Ika Mustika Madjd, Dyah Novita Indriani, Ninis Niswatul Muflikhah, dan teman – teman sejawat Program Kelanjutan Studi Pendidikan Geografi UNY.
11. Nisa Istikharoh, Fiqih Astriani, Widya Pamungkas Putri, dan seluruh keluarga besar Diploma Penginderaan Jauh dan SIG Angkatan 2010.
12. Angraeny Maya, Rina Putri Utami, Lutfiani Allam Jati, dan seluruh keluarga besar Jurusan Geografi Universitas Negeri Yogyakarta, serta pihak lain yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyelesaian tugas akhir ini dan tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini tentu masih terdapat kekurangan. Saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan untuk penulisan laporan selanjutnya agar lebih baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis serta bagi para pembacanya.

Wassalamu'alaykum wr.wb.

Yogyakarta, 31 Desember 2016

Maya Indah Sari

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Pembatasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah.....	7
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Konsep dan Pendekatan dalam Geografi	9
B. Penginderaan Jauh	12
1. Resolusi	13
2. Analisis Penginderaan Jauh	14
C. Suhu Permukaan dan Pulau Panas	23
D. Penelitian Relevan	29
E. Kerangka Berpikir.....	32
F. Hipotesis Penelitian	33
BAB III METODE PENELITIAN	34
A. Desain Penelitian	34
B. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel	34
C. Lokasi dan Waktu Penelitian	35
D. Populasi dan Sampel Penelitian	36
E. Alat dan Bahan.....	37
F. Metode Pengumpulan Data.....	37
G. Teknik Analisis Data.....	38
H. Tahap-Tahap Penelitian	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
A. Deskripsi Daerah Penelitian.....	47
1. Kondisi Fisik	47
2. Kondisi Demografis.....	69
B. Pembahasan.....	72
1. Uji Akurasi Suhu Permukaan Lahan	72
2. Transformasi LST dan NDVI Citra Landsat 8 OLI/TIRS	73
3. Variasi <i>Spatio-Temporal</i> Pulau Panas	80
4. Variasi <i>Spatio-Temporal</i> NDVI.....	88
5. Hubungan Antara LST dan NDVI.....	96
6. Keterbatasan Penelitian	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	102
A. Kesimpulan	102
B. Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perubahan Luasan Penggunaan Lahan di Kabupaten Sleman	2
2. Perubahan Suhu Udara di Kabupaten Sleman Tahun 1995 – 2015	3
3. Perbandingan Dua Jenis Pendekatan dalam Analisis Spasial	15
4. Perbandingan Spesifikasi Landsat 7 dan Landsat 8	23
5. Perbandingan Suhu dan Kelembaban Relatif Kota – Desa	27
6. Penelitian Relevan	29
7. <i>Error matrix/</i> Matrik Kesalahan	40
8. Wilayah Administrasi Kabupaten Sleman	48
9. Kemiringan Lereng Kabupaten Sleman	50
10. Rerata Curah Hujan/ Tahun di Kabupaten Sleman	54
11. Sungai Utama di Kabupaten Sleman	57
12. Tingkat Pemanfaatan Air Tanah di Kabupaten Sleman	60
13. Luas Wilayah Kabupaten Sleman Berdasarkan Kondisi Geologi	62
14. Luas Wilayah Kabupaten Sleman berdasarkan Jenis Tanah	64
15. Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2010	66
16. Kepadatan Penduduk Kabupaten Sleman Tahun 2015	69
17. Jenjang Pendidikan Penduduk di Kabupaten Sleman Tahun 2015	70
18. <i>Error Matrix</i> Suhu Permukaan Citra dan Lapangan	73
19. <i>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</i> LST	80
20. <i>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</i> LST	80
21. Variasi Temporal Hasil Transformasi LST Tahun 2013 dan 2015	81
22. <i>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</i> NDVI	88
23. <i>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</i> NDVI	88
24. Variasi Temporal Hasil Transformasi NDVI Tahun 2013 dan 2015	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga Inti Konsep dari Geografi; <i>Space, Place, dan Environment</i>	10
2. Komponen Ideal Sistem Penginderaan Jauh.....	12
3. Karakteristik Spektral Bumi terhadap Gelombang Elektromagnetik	13
4. Berbagai Teknik Analisis Spasial.....	16
5. Pemodelan Analisis Temporal Rekam Data Geologi	17
6. Pemodelan Temporal Aliran Permukaan Dengan Interval harian.....	17
7. Pemodelan Analisis Spasial Distribusi Rerata Kejadian Perampokan. ...	18
8. Sketsa Profil <i>Urban Heat Island</i>	25
9. Pembentukan Pulau Panas di Perkotaan	25
10. Kubah Pulau Panas Karena Minimnya Vegetasi	28
11. Kerangka Berpikir	32
12. Konsep Penerjemahan Rasio Tetangga Terdekat	41
13. Diagram Alir Penelitian.....	46
14. Peta Administrasi Kabupaten Sleman	49
15. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Sleman.....	52
16. Peta Persebaran Curah Hujan Rerata Tahunan Kabupaten Sleman.....	55
17. Sleman – Yogyakarta <i>Groundwater Basin Concept</i>	56
18. Peta Hidrologi Kabupaten Sleman	58
19. Peta Geologi Kabupaten Sleman	63
20. Peta Tanah Kabupaten Sleman	65
21. Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman.....	68
22. Diagram Regresi Hasil Transformasi LST.	72
23. Peta Citra Transformasi LST Kabupaten Sleman Tahun 2013	75
24. Peta Citra Transformasi LST Kabupaten Sleman Tahun 2015	76
25. Peta Citra Transformasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2013.....	78
26. Peta Citra Transformasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2015.....	79
27. Peta Klasifikasi Suhu Permukaan Lahan Kab. Sleman Tahun 2013	83
28. Peta Klasifikasi Suhu Permukaan Lahan Kab. Sleman Tahun 2015	84

29. Analisis Tetangga Terdekat Pulau Panas.....	85
30. Peta <i>Spatio-Temporal</i> Suhu Permukaan Lahan Kabupaten Sleman.....	86
31. Peta <i>Spatio-Temporal</i> Pulau Panas Kabupaten Sleman.....	87
32. Peta Klasifikasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2013.....	91
33. Peta Klasifikasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2015.....	92
34. Analisis Tetangga Terdekat NDVI Sangat Rendah.....	93
35. Peta <i>Spatio-Temporal</i> NDVI Kab. Sleman.....	94
36. Peta <i>Spatio-Temporal</i> NDVI Kelas Sangat Rendah Kab. Sleman	95
37. Diagram Pencar LST dan NDVI Tahun 2013.	96
38. Diagram Pencar LST dan NDVI Tahun 2015	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian dari Dekan Fakultas Ilmu Sosial UNY	108
2. Metadata Citra Satelit Landsat OLI/ TIRS Tahun 2013 dan 2015.....	109
3. Hasil Uji Normalitas Data	114
4. Hasil Uji-t.....	116
5. Tahapan Transformasi Citra dan Analisis Data	120
6. Hasil <i>Cross</i> Data LST dan NDVI Tahun 2013 dan 2015.....	132
7. Peta Lokasi Titik Sampel Lapangan.....	136
8. Data Lengkap Penggunaan Lahan dan Jenjang Pendidikan.....	137
9. Dokumentasi Survei Lapangan Menurut Suhu Permukaan Lahan	138

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pulau panas atau *Urban Heat Island* (UHI) merupakan fenomena yang banyak bermunculan dari tahun ke tahun seiring maraknya pembangunan lahan di dunia. Pulau panas dikenali dari keberadaan daerah pusat aktivitas penduduk yang memiliki suhu udara lebih tinggi daripada daerah sekitarnya. Penyebab utama pulau panas perkotaan adalah modifikasi permukaan tanah melalui pengembangan kota yang menggunakan material yang menyimpan panas. Panas buangan yang muncul akibat penggunaan energi dalam aktivitas manusia adalah kontributor kedua terbesar dalam pembentukan pulau panas.

Studi mengenai pulau panas umumnya mengambil kasus di kota-kota besar atau metropolitan. Pernyataan ini bukan berarti bahwa pulau panas hanya terjadi di kota-kota besar namun fenomena pulau panas bisa juga terjadi di kota-kota kecil lainnya. Perbedaan antara kota besar dan kota kecil dalam hal ini adalah perubahan penggunaan lahan yang lebih sering terjadi, sehingga perubahan suhu yang terjadi di kota-kota besar lebih tinggi daripada di kota-kota kecil. Semua kota secara relatif membentuk iklim tersendiri yang berbeda dengan iklim makro regional di mana kota itu berada, meskipun karakteristik iklim mikro urban tergantung pada iklim makro regional di wilayah tersebut (Kopec, 1970 dalam Iswari Nurhidayati, 2013: 3).

Pembentukan pulau panas berkaitan dengan berkurangnya keberadaan vegetasi di suatu wilayah. Vegetasi menyerap radiasi panas dan CO₂, serta memberikan bayang-bayang kanopi yang meneduhkan. Pengurangan lahan vegetasi yang luas tidak hanya dapat mengurangi kebermanfaatan vegetasi bagi suhu sekitar, namun juga menghambat pendinginan atmosfer karena keberadaan vegetasi dapat mengimbangi udara perkotaan; atau dikenal dengan *park cool island effect*. Sarana dan prasarana seperti jalan, permukiman, dan pabrik menyebabkan berkurangnya lahan vegetasi. Sedikitnya lahan vegetasi menyebabkan berkurangnya keseimbangan komposisi udara. Hal ini

mengakibatkan suhu meningkat 10°C - 20°C dari suhu udara ambient (Heidt and Neef, 2008 dalam Sadeghian and Vardanyan, 2013: 232). Pernyataan tersebut mengarah pada asumsi pertumbuhan pulau panas di wilayah yang memiliki kecenderungan perubahan penggunaan lahan dari lahan pertanian menjadi lahan terbangun dalam suatu interval waktu.

Kabupaten Sleman adalah salah satu wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta yang saat ini mengalami perubahan penggunaan lahan dari lahan pertanian menjadi lahan terbangun. Kondisi ini didukung oleh tabel selama 2 dekade terakhir, yaitu tahun 1995, 2005, dan 2015 berikut ini:

Tabel 1. Perubahan Luasan Penggunaan Lahan di Kabupaten Sleman
Tahun 1995 – 2015

<div style="text-align: center;"> <div style="transform: rotate(-45deg); display: inline-block;">Tahun</div> Penggunaan Lahan </div>	1995		2005		2015	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Lahan Tak Terbangun:	49.307	0,85778	50.363	0,87616	48.550	0,84462
Pekarangan	18.461	32,12%	18.535	32,24%	18.591	32,34%
Sawah	24.662	42,90%	25.183	43,81%	24.719	43,00%
Tegal	6.184	10,76%	5.185	9,02%	3.924	6,83%
Hutan	-	-	1.335	2,32%	53	0,09%
Tanah Tandus dan Semak	-	-	126	0,22%	1.264	2,20%
Lahan Terbangun:	8.175	14,22%	7.119	12,38%	8.932	15,54%
Lainnya						
Jumlah	57.482	100,00%	57.482	100,00%	57.482	100,00%

Sumber : Kabupaten Sleman dalam Angka Tahun 1995, 2005, 2015

Peninjauan kondisi vegetasi diperkirakan berdasarkan kondisi penggunaan lahan di kabupaten Sleman. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi menunjukkan pada berkurangnya lahan vegetasi yang ada di Kabupaten Sleman. Akumulasi data penggunaan lahan Kabupaten Sleman menunjukkan bahwa terdapat peningkatan lahan terbangun seluas 757 Ha dari tahun 1995 – 2015. Lahan tak terbangun yang umumnya memiliki kaitan erat dengan keberadaan lahan vegetasi mengalami penurunan luas yaitu 757 Ha dari tahun 1995 – 2015. Lahan tegalan berkurang mencapai 2.260 Ha, atau berkisar 3,93%

dari seluruh luas lahan di Kabupaten Sleman. Lahan hutan berkurang mencapai 1.138 Ha, atau berkisar 0,02% dari seluruh luas lahan di Kabupaten Sleman.

Tabel 2. Perubahan Suhu Udara di Kabupaten Sleman Tahun 1995 – 2015

Tahun Suhu Udara (°C)	1995	2005	2015
Minimum	22,02	25,00	21,20
Maksimum	33,45	27,00	36,00

Sumber : Kabupaten Sleman dalam Angka Tahun 1995, 2005, 2015

Tabel 2 menampilkan nilai minimum dan maksimum suhu harian di Stasiun Geofisika DI Yogyakarta. Penurunan angka pada luasan lahan bervegetasi di Kabupaten Sleman berbanding terbalik dengan suhu udara yang terjadi. Data suhu udara Kabupaten Sleman dalam interval 10 tahun dari tahun 1995 – 2015 menunjukkan nilai yang fluktuatif. Terjadi peningkatan sementara suhu udara minimum sejumlah 2,8° C dan penurunan suhu udara maksimum sejumlah 6,45° C dalam rentang antara tahun 1995 dan 2005. Rentang antara tahun 2005 dan 2015 menunjukkan kondisi yang berbeda di mana terjadi penurunan suhu udara minimum sejumlah 3,8° C serta peningkatan suhu maksimum sejumlah 2,55° C selama rentang tahun tersebut.

Keberadaan data tabulasi penggunaan lahan dan suhu udara menunjukkan adanya suatu hubungan yang berbanding terbalik antara luas lahan vegetasi dan suhu udara di Kabupaten Sleman, di mana jumlah luasan lahan vegetasi yang cenderung mengalami penurunan diiringi dengan suhu udara yang cenderung mengalami peningkatan pada rentang tahun 1995 – 2015. Penyimpulan tersebut belum ilmiah karena keterbatasan data tabulasi sehingga tidak dapat menggambarkan karakteristik kedua aspek tersebut secara terperinci dan tidak memungkinkan dalam identifikasi keberadaan pulau panas serta mengkaji hubungannya terhadap keberadaan lahan bervegetasi di Kabupaten Sleman. Data yang mendukung kebutuhan tersebut adalah data *spatio-temporal* pulau panas dan kerapatan vegetasi. Kendala yang terjadi saat ini adalah belum ada suatu *database spatio-temporal* yang secara khusus

mendokumentasikan keberadaan pulau panas dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman. Data *spatio-temporal* kerapatan vegetasi dan suhu udara dibutuhkan Kabupaten Sleman yang saat ini mengalami pembangunan sangat pesat untuk mendukung kebijakan pembangunan. Tanpa adanya data *spatio-temporal* kerapatan vegetasi dan suhu udara, pembangunan lahan di Kabupaten Sleman tidak dapat terkontrol dan pemanasan global di Kabupaten Sleman akan semakin terasa dari tahun ke tahun. Dampak yang dapat dirasakan oleh masyarakat adalah berkurangnya kenyamanan lingkungan hidup yang ada di Kabupaten Sleman tanpa pembaharuan kebijakan yang mendukung.

Analisis perubahan lahan vegetasi dan perkembangan pulau panas dari tahun ke tahun memerlukan suatu kajian Geografi agar dapat memberikan gambaran visual persebaran pulau panas dan hubungannya terhadap keberadaan vegetasi di Kabupaten Sleman. Akurasi data terbaik yang dapat dilakukan dalam perolehan data Geografi adalah dengan pengukuran *terrestrial*. Hambatan pengukuran *terrestrial* dalam perolehan informasi *spatio-temporal* adalah biaya, waktu, dan tenaga yang tidak sedikit yang dibutuhkan selama pengukuran. Hal ini menghambat efisiensi perolehan data *spatio-temporal* terutama dengan mempertimbangkan terbatasnya informasi resmi mengenai hubungan antara pulau panas dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman. Solusi dari permasalahan pengukuran *terrestrial* untuk pemantauan spasial dan temporal pulau panas dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman adalah dengan pemanfaatan data penginderaan jauh.

Perolehan data kerapatan vegetasi dan suhu permukaan lahan dalam penelitian ini dilakukan dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh. Analisis vegetasi dan suhu permukaan lahan dalam penginderaan jauh merupakan suatu kajian yang terpisah, dikarenakan perbedaan algoritma dan parameter yang digunakan. Analisis vegetasi dalam penginderaan jauh dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai transformasi, di antaranya adalah DVI (*Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*), RVI (*Ratio Vegetation Index*), SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Transformasi tersebut dilakukan

dengan memanfaatkan nilai piksel hasil perekaman gelombang cahaya merah dan inframerah dekat yang memiliki kepekaan tinggi terhadap objek vegetasi. Transformasi NDVI memiliki sensitivitas tinggi terhadap kandungan klorofil pada tanaman, sehingga sangat baik untuk mengidentifikasi vegetasi tidak hanya pada wilayah dengan vegetasi yang memiliki kerapatan tinggi (Jackson R.D. and Huete, A.R., 1991: 188). Hal ini mendukung analisis indeks vegetasi dalam penelitian di Kabupaten Sleman yang memiliki kerapatan vegetasi bervariasi. Sementara ekstraksi suhu permukaan lahan dapat dilakukan menggunakan algoritma LST (*Land Surface Temperature*) yang dibekalkan oleh perusahaan satelit dengan menyesuaikan metadata citra tersebut.

Analisis NDVI dan LST telah banyak dimanfaatkan sejak diluncurkannya satelit Landsat TM tahun 1972 yang membawa sensor *multispectral* dengan 7 saluran (*band*), di mana terdapat sensor inframerah pada *band* 4 dengan panjang gelombang 0.76-0.90 μm yang memiliki kepekaan terhadap keberadaan vegetasi serta sensor termal pada *band* 6 dengan panjang gelombang 10.40-12.50 μm yang memiliki kepekaan terhadap emisivitas.

Masa pengembangan satelit Landsat yang cukup panjang dari tahun 1972 hingga saat ini mendasari pemanfaatan citra satelit Landsat untuk penelitian ini. Kemudahan perolehan data citra satelit Landsat membuka peluang untuk analisis penginderaan jauh yang aktual dengan data satelit terbaru. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan teknologi penginderaan jauh dalam kajian hubungan variasi *spatio-temporal* pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI), menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2013 dan 2015.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian dalam latar belakang dapat diidentifikasi masalah – masalah penelitian sebagai berikut:

1. Kabupaten Sleman memiliki kecenderungan perubahan lahan tak terbangun menjadi lahan terbangun yang mengakibatkan berkurangnya tutupan vegetasi dari tahun ke tahun.
2. Terjadi peningkatan suhu udara maksimum di Kabupaten Sleman dari angka 27° C di tahun 2005 mencapai 36° C di tahun 2015, atau sejumlah 9° C dalam rentang waktu 10 tahun.
3. Peningkatan suhu udara di Kabupaten Sleman hanya diketahui secara umum atau seragam untuk satu wilayah Kabupaten dengan kondisi fisik dan sosial yang beragam, dikarenakan keterbatasan data resmi dari pemerintah daerah dan penelitian terkait.
4. Pemantauan perkembangan pulau panas dari tahun ke tahun di Kabupaten Sleman tidak dapat dilakukan karena tidak tersedianya data *spatio-temporal* suhu permukaan lahan yang menjadi dasar analisis perkembangan pulau panas di Kabupaten Sleman.
5. Pemantauan perubahan kerapatan vegetasi dari tahun ke tahun hanya dapat diperkirakan berdasarkan data penggunaan lahan dari pemerintah dikarenakan tidak tersedianya data *spatio-temporal* kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman.
6. Informasi luas penggunaan lahan bervegetasi yang berbanding terbalik dengan suhu udara di Kabupaten Sleman tidak disertai dengan informasi ilmiah yang relevan mengenai adanya hubungan antara kerapatan vegetasi dengan suhu udara di Kabupaten Sleman.
7. Perolehan data spasial suhu permukaan lahan secara *terrestrial* memerlukan biaya, waktu, dan tenaga yang tidak sedikit sehingga sulit untuk dilakukan secara berkala untuk pemantauan temporal.

C. Pembatasan Masalah

Penelitian dengan tema analisis variasi *spatio-temporal* pulau panas terhadap nilai indeks vegetasi, memerlukan cakupan kajian yang luas dan mendalam. Akan tetapi, peneliti memberikan pembatasan pada penelitian ini:

1. Data variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman.
2. Data variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi di Kabupaten Sleman.
3. Hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, rumusan permasalahan terkait penelitian ini adalah:

1. Bagaimana variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman?
2. Bagaimana variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman?
3. Bagaimanakah hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian tersebut di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman.
2. Mengetahui variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.
3. Mengetahui hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

F. Manfaat Penelitian

Adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis, diantaranya:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah menambah khasanah kajian ilmiah mengenai pulau panas dan hubungannya terhadap kerapatan vegetasi yang saat ini semakin berkurang seiring pembangunan perkotaan.

2. Manfaat Praktis

- a. Manfaat praktis untuk masyarakat adalah dapat menjadi rujukan dalam kebutuhan informasi kerapatan vegetasi dan iklim mikro, khususnya suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman.
- b. Manfaat praktis untuk pemerintah adalah dapat menjadi rujukan dalam analisis kebijakan pembangunan yang berhubungan dengan pengendalian konsentrasi pulau panas dan kerapatan vegetasi di suatu wilayah.

3. Manfaat Pendidikan

Penelitian ini diharapkan mampu menambah wawasan dalam pelajaran Geografi SMA Kelas XII yang memiliki kompetensi dasar yang berkaitan yaitu: Menyimpulkan informasi tentang persebaran, pola dan hubungan antara pulau panas dan kerapatan vegetasi melalui citra penginderaan jauh.

BAB II

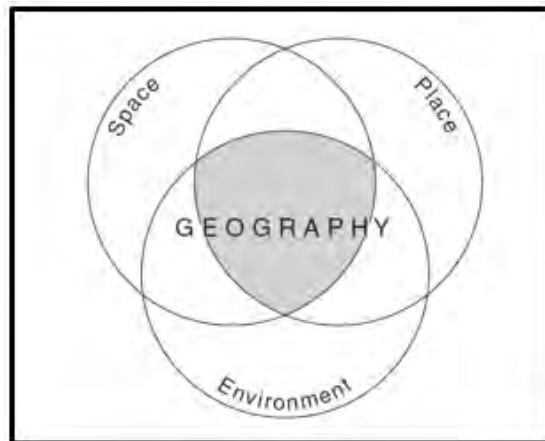
KAJIAN PUSTAKA

A. Konsep dan Pendekatan dalam Geografi

Konsep dan pendekatan dalam Geografi dapat ditinjau dari berbagai sudut pandang. Menurut Matthews *and* Herbert (2008: 11-14), Geografi menekankan pada analisis keruangan sebagai inti pertama. Konsep ruang (*space*) ini mencakup penentuan posisi di permukaan bumi serta penentuan jarak dan arah, yang seringkali ketiganya saling berhubungan dalam kajian lebih lanjut. Bagi seorang ahli pemetaan, ruang adalah entitas mutlak dengan detail yang akurat, sehingga sejak dulu telah diusahakan penentuan terbaik dalam menggambarkan permukaan bumi dalam bentuk datar, yang saat ini dikenal dengan proyeksi dan berhubungan dengan pemetaan.

Konsep kedua adalah lokasi (*place*). Berbeda dengan konsep ruang, konsep lokasi terapan dalam skala luas, dari negara hingga lingkungan perumahan sekitar. Maka konsep lokasi mencakup pencarian batasan letak yang didalamnya terdapat teritorial yang dikenali. Saat menjabarkan tentang lokasi, fokus utama tidak akan jauh dari batas alam seperti seperti sungai atau pegunungan, hingga batas buatan oleh manusia seperti administrasi. Geografi mencakup peta mental (*mind – map*) yang dapat menentukan lokasi secara subjektif, atau dikenal dengan istilah lokasi relatif. Sementara ini, penentuan lokasi objektif menurut posisi astronomis dikenal dengan istilah lokasi absolut.

Lingkungan (*environment*) merupakan konsep ketiga dalam Geografi. Lingkungan secara sempit merupakan lingkungan alam, namun kondisi alam yang dihuni manusia menyebabkan pemaknaan lingkungan menjadi lebih luas. Lingkungan mencakup tempat, persepsi manusia, dan karakteristik biofisika yang terukur. Gambar 1 menunjukkan hubungan antara 3 konsep dalam ilmu Geografi.



Gambar 1. Tiga inti konsep dari Geografi; *Space*, *Place*, dan *Environment*, bagian yang diarsir merupakan esensi dari Geografi sebagai integrasi ketiga konsep tersebut. (Sumber: Matthews, J.A. and Herbert, 2008: 14)

Pembagian konsep Geografi yang berbeda dijabarkan oleh Suharyono dan Moch Amien (1994:35 – 45) di mana Geografi memiliki 10 konsep dasar yang esensial, yaitu:

1. Konsep lokasi

Secara pokok konsep lokasi dapat dibedakan menjadi:

- a. Lokasi absolut, menunjukkan letak yang tetap terhadap sistem grid/kisi-kisi/koordinat. Untuk menentukan letak absolut dipakai sistem koordinat lintang dan bujur.
 - b. Lokasi relatif, menunjukkan letak suatu berkenaan dengan hubungan tempat itu dengan faktor-faktor alam, budaya yang ada di sekitarnya.
2. Konsep jarak, berkaitan erat dengan arti lokasi dan upaya pemenuhan kebutuhan pokok kehidupan.
 3. Konsep keterjangkauan, terkait dengan kondisi medan atau ada tidaknya sarana angkutan atau komunikasi yang dapat dipakai.
 4. Konsep pola, terkait dengan susunan bentuk atau persebaran fenomena yang bersifat alami ataupun fenomena sosial budaya.

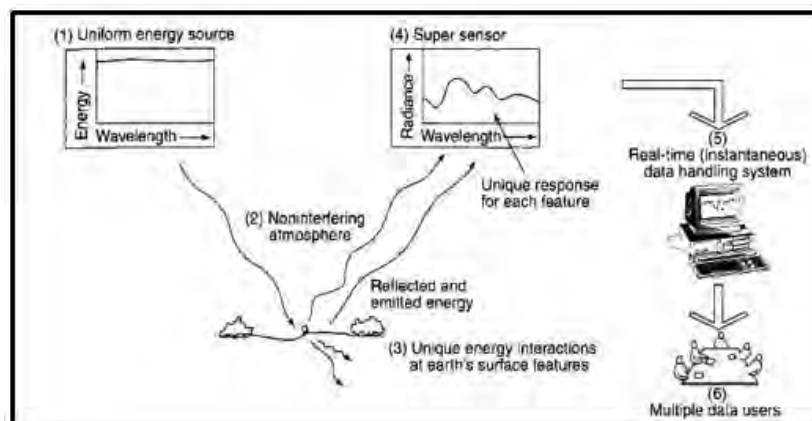
5. Konsep morfologi, menggambarkan perwujudan daratan muka bumi sebagai hasil pengangkutan atau penurunan wilayah (secara geologi) yang lazim disertai erosi dan sedimentasi.
6. Konsep aglomerasi, merupakan kecenderungan persebaran yang bersifat mengelompok pada suatu wilayah yang relatif sempit yang paling menguntungkan baik mengingat kejadian gejala maupun adanya faktor umum yang menguntungkan.
7. Konsep keterkaitan keruangan, menunjukkan derajat keterkaitan persebaran fenomena dengan fenomena lainnya di suatu tempat atau ruang.
8. Konsep diferensiasi areal menunjukkan bahwa setiap wilayah mempunyai corak individualis tersendiri sebagai suatu region yang berbeda dengan wilayah lain.
9. Konsep interaksi/interdependensi, setiap tempat mengembangkan potensi sumber dan kebutuhan yang tidak selalu sama sehingga senantiasa terjadi interaksi dan interdependensi.
10. Konsep nilai kegunaan, setiap tempat mempunyai nilai kegunaan tersendiri bagi setiap manusia dan nilai kegunaan tersebut tergantung dari orientasi kehidupan manusia.

Dari seluruh konsep tersebut, penelitian ini mengacu pada konsep lokasi, pola, dan keterkaitan keruangan, untuk mengkaji mengenai variasi *spatio-temporal* pulau panas terhadap nilai indeks vegetasi. Konsep lokasi memberikan informasi letak variasi nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman. Konsep pola memberikan informasi susunan bentuk atau persebaran nilai indeks vegetasi dan fenomena pulau panas di Kabupaten Sleman. Konsep keterkaitan keruangan memberikan informasi derajat keterkaitan persebaran variasi nilai indeks vegetasi dengan fenomena pulau panas di Kabupaten Sleman.

B. Penginderaan Jauh

Kegiatan survei – pemetaan dan pemodelan untuk pengelolaan sumberdaya, dan wilayah, dewasa ini sudah tidak dapat dilepaskan dari dua macam teknologi, yaitu penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi mengenai suatu obyek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa suatu kontak langsung (Lillesand, Kiefer, and Chipman, 2004: 1). Penerapan penginderaan jauh menggunakan beragam analisis yang dikembangkan berdasarkan sistem wahananya.

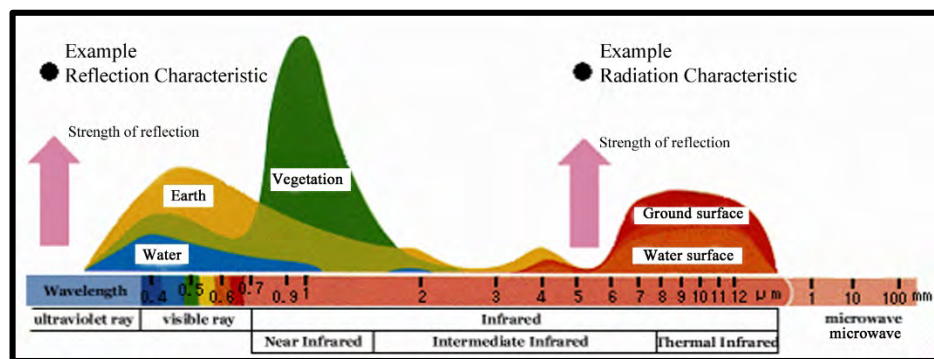
Penginderaan jauh pada awalnya dikembangkan dari teknik interpretasi foto udara. Upaya pemotretan melalui wahana pesawat terbang dan interpretasi foto udara dimulai pada tahun 1919. Penggunaan wahana satelit dan teknologi komputer untuk menghasilkan informasi keuangan (atau peta) suatu wilayah semakin dirasakan manfaatnya 3 dekade ini. Ketika berbagai negara berkembang masih memiliki akses terbatas ke sistem komputer untuk pengolahan citra digital, pemanfaatan produk penginderaan jauh satelit masih berupa citra tercetak (*hard copy*) yang diinterpretasi secara visual atau manual (Projo Danoedoro, 2012: 5).



Gambar 2. Komponen Ideal Sistem Penginderaan Jauh (Lillesand, Kiefer, and Chipman, 2004: 36)

Gambar 2 menampilkan komponen penginderaan jauh, dimulai dari interaksi matahari sebagai sumber energi, sensor wahana satelit dan permukaan bumi yang memberikan reaksi emisi, pantulan, hamburan.

Reaksi tersebut diterima kembali oleh sensor yang kemudian dikirimkan kembali pada stasiun bumi menjadi suatu citra penginderaan jauh. Emisi, pantulan, hamburan yang diterima sensor merupakan reaksi berbeda dari objek di permukaan bumi berdasarkan energi matahari yang diterima dan memberikan kepekaan terhadap gelombang elektromagnetik tertentu. Gambar 3 menampilkan karakteristik spektral objek di permukaan bumi terhadap gelombang elektromagnetik yang diterimanya.



Gambar 3. Karakteristik spektral bumi terhadap gelombang elektromagnetik (Smith, 2004: 25)

Karakteristik spektral objek di permukaan bumi dimanfaatkan dalam sistem penginderaan jauh untuk pembagian saluran berdasarkan spektrum elektromagnetik pada wahana satelit sehingga setiap saluran bermanfaat untuk menonjolkan kenampakan tertentu. Spektrum elektromagnetik secara umum terbagi atas radiasi UV (*ultraviolet*), radiasi cahaya tampak (*visibel*), dan radiasi inframerah. Penginderaan jauh di masa kini mampu menangkap spektrum cahaya tampak hingga gelombang mikro.

1. Resolusi

Salah satu konsep dasar dalam penginderaan jauh adalah mengenai Resolusi. Resolusi (disebut juga *resolving power* = daya pisah) adalah kemampuan suatu sistem optik untuk membedakan antara sinyal yang memiliki kedekatan spasial maupun spektral (Swain, P.H. and Davis, S.M., 1978: 382). Dikenal 5 konsep resolusi dalam penginderaan jauh (Projo Danoedoro, 2012: 34-41), yaitu:

- a. Resolusi spasial, adalah kemampuan sensor untuk merekam ukuran terkecil objek pada citra. Resolusi spasial seringkali dimanfaatkan dalam analisis keruangan, yang melibatkan lokasi, jarak, pola dari fenomena tertentu.
- b. Resolusi spektral, adalah kemampuan sistem optik untuk membedakan informasi objek berdasarkan pantulan atau pancaran spektralnya. Resolusi spektral seringkali dimanfaatkan dalam analisis yang memerlukan pemanfaatan saluran spektral berbeda untuk fenomena tertentu.
- c. Resolusi radiometrik, adalah kemampuan sensor dalam mencatat respons spektral objek, yang mana dikenal dengan sistem *coding* yang membagi intensitas pantulan/pancaran menjadi beberapa tingkat sesuai resolusinya.
- d. Resolusi temporal, adalah kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Resolusi temporal seringkali dimanfaatkan untuk analisis penginderaan jauh untuk pemantauan/ *monitoring* suatu fenomena di permukaan bumi selama rentang waktu tertentu.
- e. Resolusi layar, adalah kemampuan perangkat keras berupa layar monitor untuk menyajikan kenampakan pada citra.

Keseluruhan konsep resolusi melahirkan berbagai dasar dalam analisis data penginderaan jauh. Pertimbangan aspek spasial, temporal, dan tematik dari data umumnya dilakukan secara terpisah dalam kartografi dan geoinformasi (Andrienko, 2006: 31). Analisis Penginderaan Jauh terdiri atas analisis spasial dan analisis temporal.

2. Analisis Penginderaan Jauh

a. Analisis Spasial

Analisis spasial merupakan sekumpulan metode untuk menggambarkan keadaan dan pola dari sebuah fenomena keruangan. Dengan melakukan analisis spasial, diharapkan muncul informasi baru yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan di bidang

yang dikaji. Metode yang digunakan sangat bervariasi, mulai dari observasi visual sampai pada matematika/statistik terapan (Sofyan Cholid, 2009: 1).

Tabel 3. Perbandingan Dua Jenis Pendekatan dalam Analisis Spasial

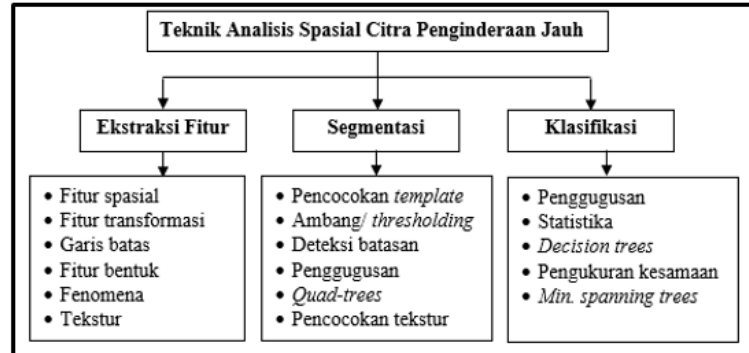
<i>Photointerpretation</i> (interpretasi manusia)	Analisis Kuantitatif (komputasi)
Cakupan luas relatif berdasarkan ukuran piksel	Cakupan pada level piksel yang berdiri sendiri
Estimasi area kurang akurat	Estimasi area akurat
Analisis multispektral terbatas	Analisis multispektral luas
Hanya dapat memisahkan level kecerahan yang terbatas	Dapat memisahkan seluruh level kecerahan
Mudah dalam pengenalan bentuk	Pengenalan bentuk membutuhkan sistem kompleks
Informasi spasial mudah digunakan secara kualitatif	Informasi spasial digunakan dengan teknik terbatas

Sumber: Richards, 1993: 76

Tabel 3 menunjukkan dua pendekatan dalam ekstraksi informasi penginderaan jauh setelah keberadaan data digital penginderaan jauh. Pendekatan pertama adalah pemanfaatan komputer untuk menganalisis setiap piksel citra secara otomatis, dengan pertimbangan dari atribut citra. Pendekatan ini disebut juga dengan analisis kuantitatif citra, yang mana umumnya menggunakan suatu algoritma kalkulasi estimasi data. Pendekatan lainnya adalah manusia sebagai interpreter, yang mengekstraksi informasi citra berdasarkan inspeksi visual. Pendekatan ini disebut juga dengan interpretasi citra. Kelemahan pendekatan ini adalah ketidakmampuan mengolah data secara detil baik dalam lingkup spasial, spektral, dan radiometrik (Richards, 1993: 75).

Tujuan utama dalam pengolahan citra adalah untuk mengekstraksi informasi penting dari data citra penginderaan jauh, dimulai dari deskripsi, interpretasi, dan pemahaman tampilan citra yang dapat dilakukan secara digital. Sebagai contoh, sistem visual dapat membedakan bagian dari kenampakan garis dan fitur lainnya. Sistem visual yang lebih unggul telah dapat menginterpretasi hasil analisis berbagai objek dan hubungannya satu sama lain. Terdapat pula sistem penginderaan jauh yang mampu melakukan analisa berbeda seperti

kajian ekstraksi fitur, segmentasi, dan teknik klasifikasi (Jain, 1989: 343), sebagaimana pada Gambar 4.



Gambar 4. Berbagai teknik analisis spasial (Jain, 1989: 343)

b. Analisis Temporal

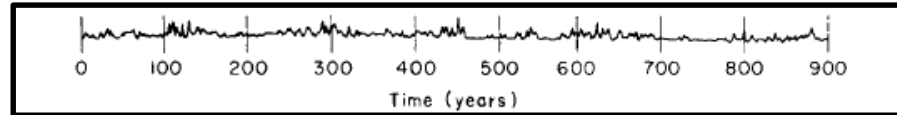
Kajian penginderaan jauh tidak selamanya menekankan pada fenomena fisik permukaan bumi, di mana spektrum elektromagnetik tidak lagi menjadi target langsung dalam interpretasi. Analisis temporal merupakan tujuan dari salah satu kajian penginderaan jauh, yang mengutamakan deskripsi variasi (*behaviour*) data, dalam rentang waktu tertentu, yang terdapat pada citra penginderaan jauh dan mengolahnya menjadi suatu model statistik.

Analisis temporal secara umum terfokus pada kajian variasi waktu dari suatu proses fisik. Jika suatu *state* atau keadaan dari proses tersebut dapat direpresentasikan dalam angka vektor (pengukuran) dengan satu atau lebih komponen dalam titik waktu tertentu, maka variasi dari proses selama rentang waktu tersebut dapat direpresentasikan dalam suatu fungsi vektor:

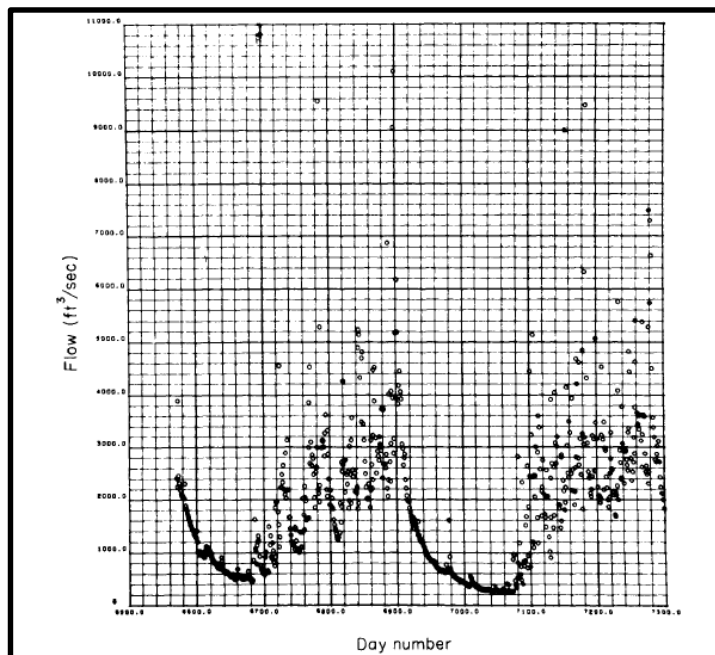
$$\mathbf{x}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_p(t) \end{pmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai dari $x_i(t)$ pada suatu waktu disebut dengan amplitudo dari komponen pada waktu tersebut, dan unit pengukuran disebut dengan amplitudo unit. Suatu pengamatan dalam rentang temporal memberikan karakter khusus sehingga dapat dilakukan analisis lebih lanjut yang

lebih informatif. Bentuk penyajian analisis temporal dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan analisis temporal rekam data geologi selama sembilan ratus tahun. Amplitudo unit; milimeter. (Sumber: Anderson dan Koopmans: 1963 dalam Koopmans, 1995: 2)

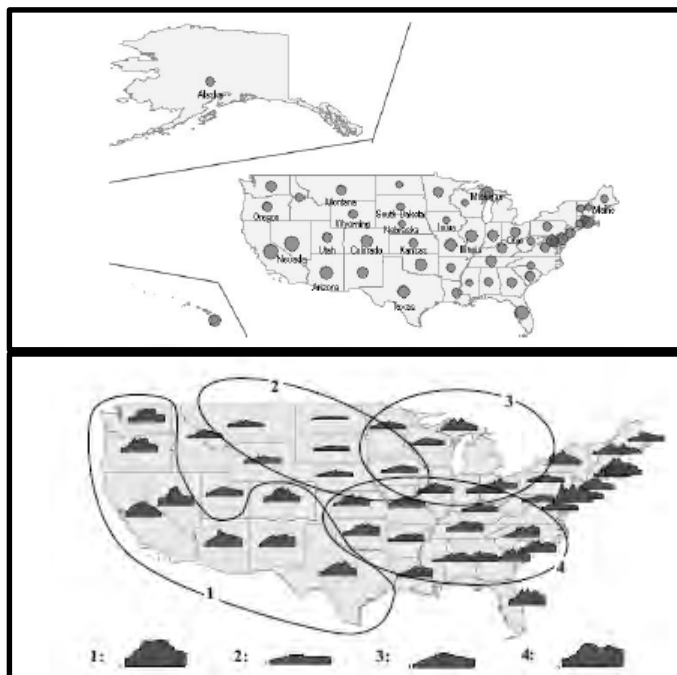


Gambar 6. Pemodelan temporal aliran permukaan dengan interval harian mulai 1 Januari 1907 (Sumber: Reed, 1971 dalam Koopmans, 1995: 5).

Dibutuhkan prosedur yang benar untuk melakukan fungsi eksponensial dari data yang diolah, sehingga memudahkan kajian untuk memisahkan residual data tersebut. Fluktuasi dari periode waktu seringkali menimbulkan kesulitan dalam menentukan apakah suatu fenomena yang diamati bernilai tetap ataukah mengalami perubahan. Maka, terdapat pula pemodelan yang didesain lebih informatif dalam rentang waktu yang panjang (Koopmans, 1995: 1-5). Bentuk pemodelan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

c. Analisis *Spatio-Temporal*

Analisis *spatio-temporal* merupakan pengembangan analisis penginderaan jauh yang banyak dilakukan di masa ini. Analisis *spatio-temporal* adalah analisis yang menghubungkan antara analisis keruangan dalam penginderaan jauh dengan pendekatan waktu, sehingga dalam analisis ini tidak hanya memberikan deskripsi keruangan dari suatu fenomena namun juga menyajikan gambaran variasi (*behaviour*) data dari waktu ke waktu.



Gambar 7. [atas] pemodelan analisis spasial distribusi rerata kejadian perampokan di USA tahun 1960, [bawah] pemodelan analisis *spatio-temporal* menggambarkan pola kejadian dari waktu ke waktu perampokan di USA (Sumber: Andrienko, 2006: 101).

Istilah analisis *spatio-temporal* seringkali dimaknai sebagai “*the spatial behavior of the the temporal behavior*”, atau pandangan yang lebih konvensional adalah “*the spatial distribution of the temporal behaviours (or temporal variation)*” (Andrienko, 2006: 100). Penggambaran dari perbedaan analisis spasial dan analisis *spatio-temporal* dapat dilihat dari Gambar 7.

d. Analisis LST (Land Surface Temperature)

Salah satu sensor yang dikembangkan dalam sistem penginderaan jauh adalah sensor inframerah termal. Kepekaan inframerah termal terhadap suhu permukaan memungkinkan ekstraksi suhu dari suatu citra penginderaan jauh. Ekstraksi ini secara garis besar melewati dua tahapan, yaitu perhitungan pantulan spektral dan perhitungan suhu.

Sebuah benda akan memancarkan panjang gelombang elektromagnetik yang berbeda pada setiap pancaran suhu, yang dinyatakan dengan Hukum Pergeseran Wien. Penentuan suhu sebuah massa dapat diketahui dari pengukuran pancaran gelombang elektromagnetik. Untuk mengenali suhu obyek diperlukan langkah konversi suhu yang bertujuan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer terhadap suhu absolut karena obyek sebenarnya ada di permukaan tanah sedangkan sensor berada di luar angkasa. Persamaan yang digunakan untuk mengkonversi *digital number* (DN) ke *top of atmosphere* (TOA) *radiance* adalah sebagai berikut (sumber: Ghulam, 2009: 6),

$$L\lambda = \frac{L_{\max\lambda} - L_{\min\lambda}}{Q_{\max} - Q_{\min}} + (DN - Q_{\min}) \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan 2 digunakan untuk menentukan TOA *radiance* pada sensor ($\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$), L_{\max} adalah TOA *radiance* terskala terhadap Q_{\max} , L_{\min} adalah TOA *radiance* terskala terhadap Q_{\min} , Q_{\max}/Q_{\min} adalah nilai pixel maximum / minimum. Konversi *top of atmosphere* (TOA) *radiance* ke *radiance* yang meninggalkan permukaan menggunakan persamaan berikut,

$$L_T = \frac{L_\lambda - L_\mu - T(1-\epsilon)L_d}{T\epsilon} \dots \dots \dots (3)$$

L_T merupakan nilai *radiance* dari kinetik *blackbody* obyek pada suhu T , L_μ : *upwelling* (*radiance* di atmosfer) ($\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$), L_d : *downwelling* (*radiance* di angkasa) ($\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$), τ : transmisivitas atmosfer dan ϵ : emisivitas obyek. Tahapan perhitungan pantulan spektral menjadi suhu permukaan yaitu:

(i) Re – kalibrasi, ditujukan untuk koreksi permasalahan temporal terhadap respon detector antara perubahan konsekutif dalam koefisien kalibrasi radiometrik.

(ii) Tahap ini adalah merubah nilai radiansi spektral menjadi nilai Pantulan TOA (Top Of Atmosphere)/ reflektans di sensor:

$$\rho = \frac{\pi \times L_{rad} \lambda \times d^2}{E_{sun} \lambda \times \cos(\theta_s)} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana,

ρ_{ToA} = nilai pantulan atmosphere

L_{rad} = Radiansi spektral di sensor

D = jarak Matahari – Bumi

E_{sun} = Rerata iradian matahari

λ = panjang gelombang di *band j*

θ_s = Derajat sudut matahari

(iii) Merupakan tahapan lanjutan yaitu merubah nilai radian menjadi suhu kecerahan dalam suhu Kelvin. Rumus tersebut diperoleh dari hasil penurunan persamaan konstanta Planck, yaitu:

$$B_{\lambda}(T) = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)} \dots \dots \dots (5)$$

dimana $C_1 = 1.19104356 \times 10^{-16} \text{ W m}^2$; $C_2 = 1.43876869 \times 10^{-2} \text{ m K}$.

Tanpa efek atmosfer, suhu dari permukaan lahan dapat diturunkan dari rumus:

$$T = \frac{C_2}{\lambda \cdot \ln \left[\frac{C_1}{\lambda^5 B_{\lambda}(T)} + 1 \right]} \dots \dots \dots (6)$$

Penyederhanaan rumus tersebut dapat dilakukan menjadi:

$$T = \frac{\frac{C_2}{\lambda}}{\ln \left[\frac{C_1}{\lambda^5 B_{\lambda}(T)} + 1 \right]} \dots \dots \dots (7)$$

Persamaan di atas menjadi dasar dalam perumusan algoritma suhu dalam pemanfaatan berbagai citra satelit penginderaan jauh. Pada satelit Landsat, perumusan suhu menurut *Landsat 8 Data Users Handbook* adalah,

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1)} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana,

T = Suhu (Kelvin)

K1 = Konstanta konversi 1 (dari metadata citra)

K2 = Konstanta konversi 2 (dari metadata citra)

L_{λ} = Radiasi spektral

e. Analisis Nilai Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil, dan sebagainya (Projo Danoedoro, 2012: 246). Diantara transformasi indeks vegetasi, adalah NDVI atau *Normalized Difference Vegetation Index*. NDVI merupakan suatu kalkulasi yang kombinasi antara *band* merah dan *band* NIR. Indeks vegetasi memudahkan pemantauan/*monitoring* kondisi vegetasi secara global, karena kombinasi antara *band* merah dan inframerah dekat tidak hanya menyajikan akumulasi biomassa, namun juga level klorofil pada daun dari kanopi (Lillesand, Kiefer, and Chipman, 2004: 469, 545).

Menurut Ryan (1997: 2), perhitungan NDVI didasarkan pada prinsip bahwa tanaman hijau yang sedang dalam pertumbuhan memiliki tingkat penyerapan tinggi terhadap radiasi di daerah spektrum cahaya tampak (PAR atau *Photosynthetically Active Radiation*), sementara itu tanaman hijau dengan kuat memantulkan radiasi inframerah dekat. Pigmentasi daun menjadi faktor yang dominan pada saluran merah dan struktur internal daun mengontrol pantulan dari gelombang inframerah dekat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa vegetasi memberikan tanggapan spektral yang tinggi pada kedua gelombang tersebut (Swain and Davis, 1978: 231 – 240). Tanggapan spektral dimanfaatkan

penginderaan jauh untuk memperkirakan kerapatan, kondisi kanopi, atau kehijauan tanaman dalam kalkulasi NDVI.

Projo Danoedoro (2012: 246) memaknai NDVI sebagai kombinasi antara teknik penisbahan dengan teknik pengurangan citra. Transformasi NDVI ini merupakan salah satu produk standar NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Perumusannya adalah sebagai berikut (Projo Danoedoro 2012: 248),

$$NDVI = \frac{(BV_{inframerah\ dekat} - BV_{merah})}{(BV_{inframerah\ dekat} + BV_{merah})} \dots\dots\dots(9)$$

f. Satelit Landsat

Landsat adalah program pencitraan permukaan bumi yang telah berlangsung paling lama di dunia. Satelit landsat yang pertama diluncurkan pada tahun 1972 dengan nama ERTS – 1. Proyek pertama ini sukses dan dilanjutkan dengan peluncuran seri kedua dengan nama Landsat. Sensor dari satelit landsat telah menghasilkan lebih dari 4 juta arsip lembaran citra, termasuk 250.000 diantaranya meliputi seluruh Amerika Serikat. Perkiraan ukuran per lembarnya sekitar 170 km dari utara ke selatan dan 182 km dari timur ke barat. Kronologi peluncuran satelit Landsat yaitu:

- 1) Landsat 1 – diluncurkan 23 Juli, 1972 – 6 Januari 1978
- 2) Landsat 2 – diluncurkan 22 Januari 1975 – 22 Januari 1981
- 3) Landsat 3 – diluncurkan 5 Maret 1978 – 31 Maret 1983
- 4) Landsat 4 – diluncurkan 17 Juli 1982 – 1993
- 5) Landsat 5 – diluncurkan 1 Maret 1984 – 5 Juni 2013
- 6) Landsat 6 – diluncurkan 5 Oktober 1993, namun gagal mencapai orbit
- 7) Landsat 7 – diluncurkan 15 April 1999 – sekarang (namun 31 May 2003 mengalami kerusakan sensor)
- 8) Landsat 8 – diluncurkan 11 Februari 2013 – sekarang

Landsat 1 – 8 dalam perkembangannya telah mengalami perubahan desain sensor sehingga satelit tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3

generasi. Generasi pertama adalah Landsat 1 (ERTS – 1, 1972) hingga Landsat 3 yang memiliki dua macam sensor yaitu RBV (*Return Beam Vidicon*) dan MSS (*Multispectral Scanner*). Generasi kedua adalah Landsat 4 dan Landsat 5, yang menggantikan RBV dengan TM (*Thematic Mapper*) karena alasan kapabilitas, namun tetap mempertahankan MSS.

Generasi ketiga diawali oleh Landsat 6, namun mengalami kegagalan dalam peluncuran. Kemudian Landsat 7 diluncurkan dengan membawa sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) yang merupakan pengembangan dari sensor TM dan memuat 8 saluran (Projo Danoedoro, 2012: 68). Peluncuran Landsat yang terbaru adalah Landsat 8 dengan pembaruan sensor OLI dan TIRS dan memuat 11 saluran. NASA menyajikan perbandingan Landsat 7 dan Landsat 8 pada Tabel 4:

Tabel 4. Perbandingan Spesifikasi Landsat 7 dan Landsat 8

LANDSAT 7 ETM+				LANDSAT 8 OLI/TIRS			
Band	Spektrum	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (m)	Band	Spektrum	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi (μm)
				1	Coastal/Aerosol	0,433 - 0,453	30
1	Biru	0,450 - 0,515	30	2	Biru	0,450 - 0,515	30
2	Hijau	0,525 - 0,605	30	3	Hijau	0,525 - 0, 600	30
3	Merah	0,630 - 0,690	30	4	Merah	0,630 - 0,680	30
4	NIR	0,775 - 0,900	30	5	NIR	0,845 - 0,885	30
5	SWIR - 1	1,550 - 1,750	30	6	SWIR - 1	1,560 - 1,660	30
7	SWIR - 2	2,090 - 2,350	30	7	SWIR - 2	2,100 - 2,300	30
8	Pankromatik	0,520 - 0,900	15	8	Pankromatik	0,500 - 0,680	15
				9	Cirrus	1,360 - 1,390	30
6	LWIR	10,00 - 12,50	60	10	LWIR - 1	10,30 - 11,30	100
				11	LWIR - 2	11,50 - 12,50	100

Sumber: USGS – NASA *Brochure of Landsat Data Continuity Mission*

C. Suhu Permukaan dan Pulau Panas

Suhu permukaan memiliki hubungan dengan suhu udara, yang menunjukkan panas atau dinginnya suatu lingkungan. Hendro Murtianto (2008: 18) menyatakan bahwa proses pemanasan bumi dapat berupa:

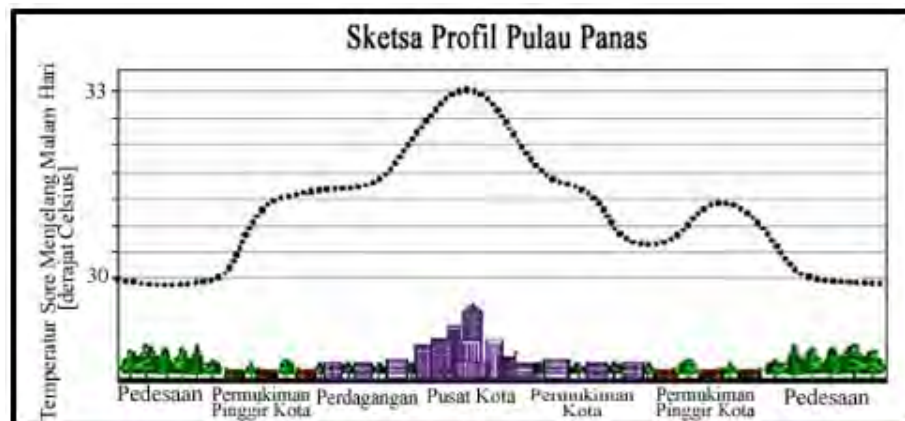
1. Pemanasan secara langsung
 - a. Absorpsi, yaitu penyerapan unsur – unsur radiasi matahari.

- b. Refleksi, yaitu pemanasan dari matahari ke udara, tetapi melalui pantulan oleh partikel uap air, awan, dan partikel lain di atmosfer.
 - c. Difusi, yaitu penghampuran sinar dan gelombang pendek.
2. Pemanasan secara tidak langsung
- a. Konduksi, yaitu pemberian panas oleh matahari pada lapisan udara bagian bawah kemudian lapisan udara tersebut memberikan panas pada lapisan di atasnya.
 - b. Konveksi, yaitu pemberian panas karena pergerakan udara vertikal ke atas.
 - c. Adveksi, yaitu pemberian udara oleh gerak horizontal (mendatar).
 - d. Turbulensi, yaitu pemberian panas karena gerak udara yang tidak teratur dan berputar – putar.

Proses pemanasan permukaan bumi tersebut memiliki respon yang berbeda di permukaan bumi dalam wujud suhu udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu udara di permukaan bumi di antaranya adalah:

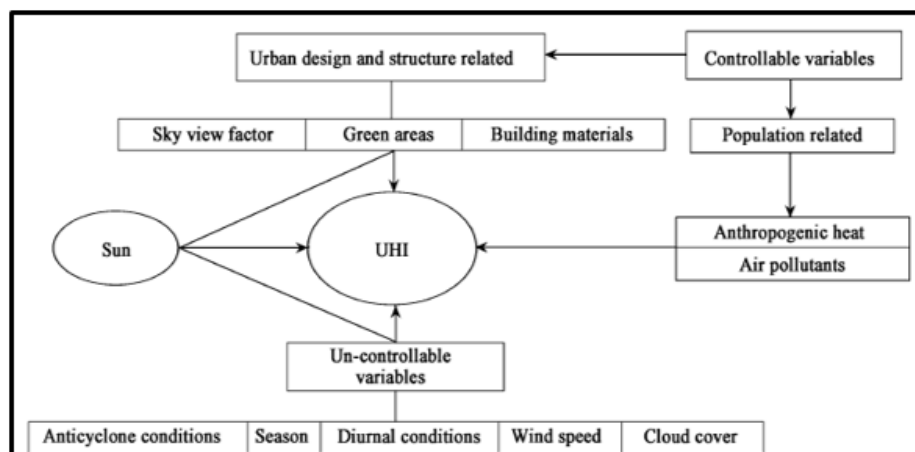
- a. Lama penyinaran matahari
- b. Sudut datang sinar matahari
- c. Relief permukaan bumi
- d. Banyak sedikitnya awa
- e. Perbedaan letak lintang

Landsberg (1956) dalam Ali Mas'at (2008: 5) berpendapat, “Bahwa perbedaan suhu bisa disebabkan oleh iklim mikro, topografi, dan kedudukan tempat tersebut.” Kedudukan ini diperkuat lagi menurut tingkat perkembangan kota tersebut. Kecenderungan adanya berbagai faktor yang mempengaruhi peningkatan suhu udara di suatu wilayah, menjadi dasar dalam pembentukan suatu fenomena yang dikenal dengan pulau panas. Fenomena pulau panas di permukaan bumi digambarkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sketsa Profil *Urban Heat Island* (Sumber: Cox, 2005: 2)

Pulau panas atau *urban heat island* telah menyedot perhatian dunia selama 40 tahun terakhir. Kajian pulau panas umumnya dilakukan terhadap lokasi yang terisolasi berdasarkan perbedaan pengukuran suhu (Cao, *et al*, 2008: 1379). Pulau panas sendiri dipahami sebagai suatu fenomena dimana area perkotaan mengalami kenaikan suhu relatif dibandingkan daerah sekitarnya (Oke, 1987 dalam Zhou, *et al*, 2013: 5486). Peningkatan suhu atmosfer oleh pengiriman panas dari aktivitas perkotaan berperan penting dalam pertumbuhan pulau panas selama periode waktu tersebut (Oke, 1987: 282).



Gambar 9. Pembentukan pulau panas di perkotaan (Memon, 2007: 120)

Penyebab utama dari peningkatan panas yang lebih tinggi adalah tekanan panas antropogenik yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor, sumber energi listrik (*power plants*), pendingin ruangan (*air conditioner*/

AC), dan sumber tekanan panas lainnya. Energi matahari dalam jumlah besar tersimpan dan diradiasikan ulang pada karena konstruksi material yang kokoh di area perkotaan (Memon, 2007: 120). Hung, *et al* (2005, dalam Memon, 2007: 121) melakukan penelitian pulau panas 12 megakota di Asia, dan menyampaikan bahwa besaran serta luasan pulau panas berkorelasi positif dengan populasi penduduk kota tersebut. Gambar 9 menunjukkan interaksi lingkungan dalam pembentukan pulau panas.

Laras Tursilowati, dkk (2007: 4) menyatakan bahwa pulau panas disebabkan kurangnya vegetasi dan kelembaban tanah, dimana keduanya berperan dalam penyerapan energi panas matahari untuk penguapan air selama fotosintesis atau evapotranspirasi. Penyebab – penyebab utama dari pulau panas adalah:

- a. Pengurangan evaporasi dari tanaman
- b. Alih fungsi lahan hutan menjadi jalan dan bangunan
- c. Peningkatan jumlah gedung bertingkat yang menutupi lapisan bawah atmosfer di permukaan bumi sehingga mengurangi ventilasi alam di perkotaan.
- d. Pemanasan tertentu pada kota seperti polutan, meningkatkan konveksi panas perkotaan dan memerangkap panas tersebut.
- e. Jalan dan lahan parkir dilapisi permukaan gelap yang mana merupakan material penyerap panas, sebagai contoh adalah aspal.
- f. Kepadatan penduduk yang tinggi.

Baumann (2008: 3-4) menyatakan bahwa pembabatan hutan dan lahan, industrialisasi dan urbanisasi tidak hanya merubah permukaan bumi namun mempengaruhi penyerapan energi matahari. Proses industrialisasi dan urbanisasi merubah pola cuaca dan iklim dalam bentuk berbeda – beda, yaitu:

- a. Permukaan bumi di perkotaan seringkali terbuat dari kaca, metal, aspal, ataupun batuan. Kemampuan pemantulan dan penyerapan panas dari material tersebut melebihi permukaan alami umumnya, sehingga

menghasilkan suhu siang dan malam yang lebih tinggi daripada daerah tepian kota.

- b. Banyak pula daratan perkotaan yang dipaving sehingga mempersulit penyerapan air tanah oleh hujan.
- c. Selain permukaan horizontal perkotaan, banyak kota memiliki permukaan vertikal dari bangunan – bangunan dalam beragam bentuk geometrik, sehingga radiasi matahari yang sampai saling dipantulkan antar dindingnya, dan mengakibatkan energi panas terperangkap menjadi suhu yang lebih tinggi. Bangunan tersebut juga menghalangi aliran angin yang berfungsi mengurangi tekanan udara panas. Perkotaan memiliki kecepatan angin 25% lebih rendah daripada pedesaan.
- d. Penggunaan bahan bakar fosil menghasilkan pelepasan panas.
- e. Konsentrasi tinggi dari partikel udara seperti debu, polutan, gas, dan aerosols di seluruh kota menciptakan efek rumah kaca.
- f. Pada akhirnya, semakin meluasnya perkotaan di dunia, semakin meluas pula kubah panas yang mengelilinginya.

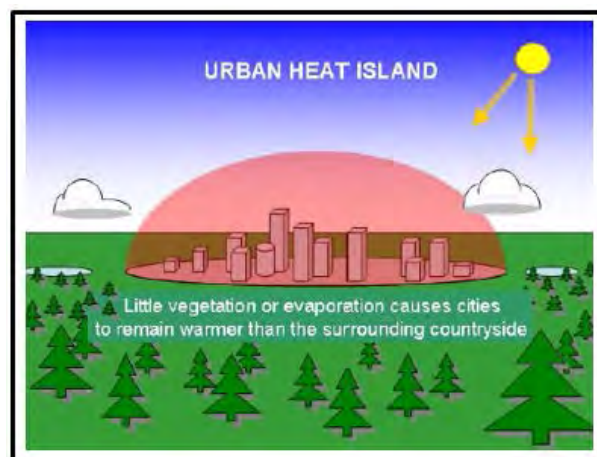
Garis besar sumber – sumber panas terbagi atas aktivitas rumah tangga, lalu lintas dan industri. Selain menghasilkan bahan pencemar, aktivitas manusia juga menghasilkan panas yang memberi efek pada peningkatan suhu. Panas dari aktivitas manusia adalah yang terbanyak di perkotaan, karena manusia umumnya memiliki permukiman, sarana transportasi, dan kawasan industri yang lebih padat dari daerah pedesaan (Suksesi Wicahyani dkk, 2013: 289). Perbandingan antara perkotaan dan pedesaan dalam sudut pandang iklim dapat dilihat dari Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Perbandingan Suhu dan Kelembaban Relatif Kota – Desa.

Perbandingan Kota - Desa	Temperatur Udara [Celsius]			Kelembaban Relatif [%]		
	Tahunan	Musim Dingin	Musim Panas	Tahunan	Musim Dingin	Musim Panas
Angka	0,9 - 5,4	1,8 - 3,6	1,8 - 3,0	6	2	8
Keterangan	Lebih tinggi	Lebih tinggi	Lebih tinggi	Lebih rendah	Lebih rendah	Lebih rendah

Sumber: Landsberg, 1981 dalam Baumann, 2008: 5

Mitigasi dari fenomena pulau panas dapat dilakukan dengan mewujudkan ruang terbuka hijau yang lebih luas daripada lahan terbangun (Solecki, *et al*, 2004: 2). Cao, *et al* (2008: 1382) menyatakan bahwa terdapat hubungan negatif yang kuat antara suhu permukaan lahan dan keberadaan vegetasi. Dapat disimpulkan bahwa keberadaan vegetasi memiliki keterkaitan terhadap fenomena pulau panas yang terdapat di permukaan bumi. Minimnya vegetasi di permukaan lahan dapat menimbulkan suatu kubah pulau panas sebagaimana pada Gambar 10.



Gambar 10. Kubah pulau panas karena minimnya vegetasi di permukaan lahan (Laras Tursilowati, 2007: 4)

D. Penelitian Relevan

Penelitian mengenai analisis pulau panas dan hubungannya terhadap berbagai faktor lingkungan telah dilakukan sebelumnya dalam berbagai tema dan judul penelitian. Berbagai penelitian relevan dirangkum dalam Tabel 6.

Tabel 6. Penelitian Relevan

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Muhammad Rokhis Khomarudin (2004).	Mendeteksi Pulau Panas (<i>Heat Island</i>) dengan Data Satelit Penginderaan Jauh.	Mengetahui pengertian pulau panas, cara pendeteksian, dan pengaruhnya terhadap kehidupan.	Analisis Neraca Energi	Peta Persebaran Nilai Heat Fluks (H) yang menunjukkan adanya perbedaan suhu 3-10° C antara perkotaan dan wilayah sekitarnya.
2.	Paska Ariandy Iswanto (2008).	<i>Urban Heat Island</i> di Kota Pangkalpinang.	Mengetahui pola spasial suhu permukaan dan hubungannya dengan tutupan lahan di Kota Pangkalpinang.	Analisis Penginderaan Jauh Termal, NDVI, dan NDBI.	Profil Suhu Permukaan Lahan dan Tabel Korelasi Suhu Permukaan - Tutupan Lahan, yang menunjukkan bahwa tutupan lahan urban dan lahan terbuka mempunyai suhu permukaan tertinggi.
3.	Iswari Nur Hidayati (2013).	<i>Analisis Transformasi Citra dan Penggunaan/ Penutup Lahan Terhadap Urban Heat Island Berbasis Citra Penginderaan Jauh.</i>	Mengetahui persebaran dan <i>trend</i> perkembangan suhu, pola spasial, dan hubungannya dengan penggunaan/ penutup lahan dari Landsat TM/ETM periode 1992 dan 2009.	Analisis LST, NDVI, NDWI, dan NDBI.	Peta, Tabel, dan Grafik yang menunjukkan korelasi negatif antara suhu permukaan dan NDVI serta NDWI, dan korelasi positif antara suhu permukaan dan NDBI.

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
4.	Laras Tursilowati (2008).	<i>Pulau Panas Perkotaan Akibat Perubahan Tata Guna dan Penutup Lahan di Bandung dan Bogor.</i>	Mengetahui perubahan suhu udara yang diakibatkan oleh perubahan tata guna dan penutup lahan.	Klasifikasi <i>unsupervised</i> , <i>overlay matix</i> , analisis statistik <i>boxplot</i> untuk perubahan penggunaan lahan dan LST untuk estimasi suhu permukaan.	Data Suhu Permukaan Lahan dan Penggunaan Lahan dalam bentuk Tabel, Grafik, dan Peta yang menunjukkan pengurangan area vegetasi sebanyak 5218 Ha dan perluasan pulau panas 48.381 Ha antara tahun 1989 – 2002.
5.	Liu Liu dan Yuanzhi Zhang (2011).	<i>Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong.</i>	Mengetahui distribusi suhu permukaan lahan, Pola Spasial suhu permukaan lahan serta hubungannya dengan Indeks Vegetasi dan Indeks Bangunan.	Analisis Penginderaan Jauh Termal, NDVI, dan NDBI.	Peta, Tabel, dan Grafik yang menunjukkan korelasi negatif antara suhu permukaan dan NDV, dan korelasi positif antara suhu permukaan dan NDBI.
6.	Mahdi Hasanlou dan Nikrouz Mostofi (2015).	<i>Investigating Urban Heat Island Estimation and Relation between Various Land Cover Indices in Tehran City Using Landsat 8 Imagery.</i>	Memperoleh data suhu kecerahan dan hubungannya dengan penutup/penggunaan lahan.	Analisis kuantitatif LST terhadap indeks penutup lahan (NDVI, EVI, SAVI, NDWI, NDBaI, NDBI, MNDWI, BI, UI, IBI dan EBBI)	Peta Citra Suhu Permukaan Lahan, NDVI, EVI, SAVI, NDWI, MNDWI, NDBI, NDBaI, Brightness, Greenness, Wetness, BI, UI, IBBi, EBBi dan tabel statistik korelasi antara indeks penutup lahan.

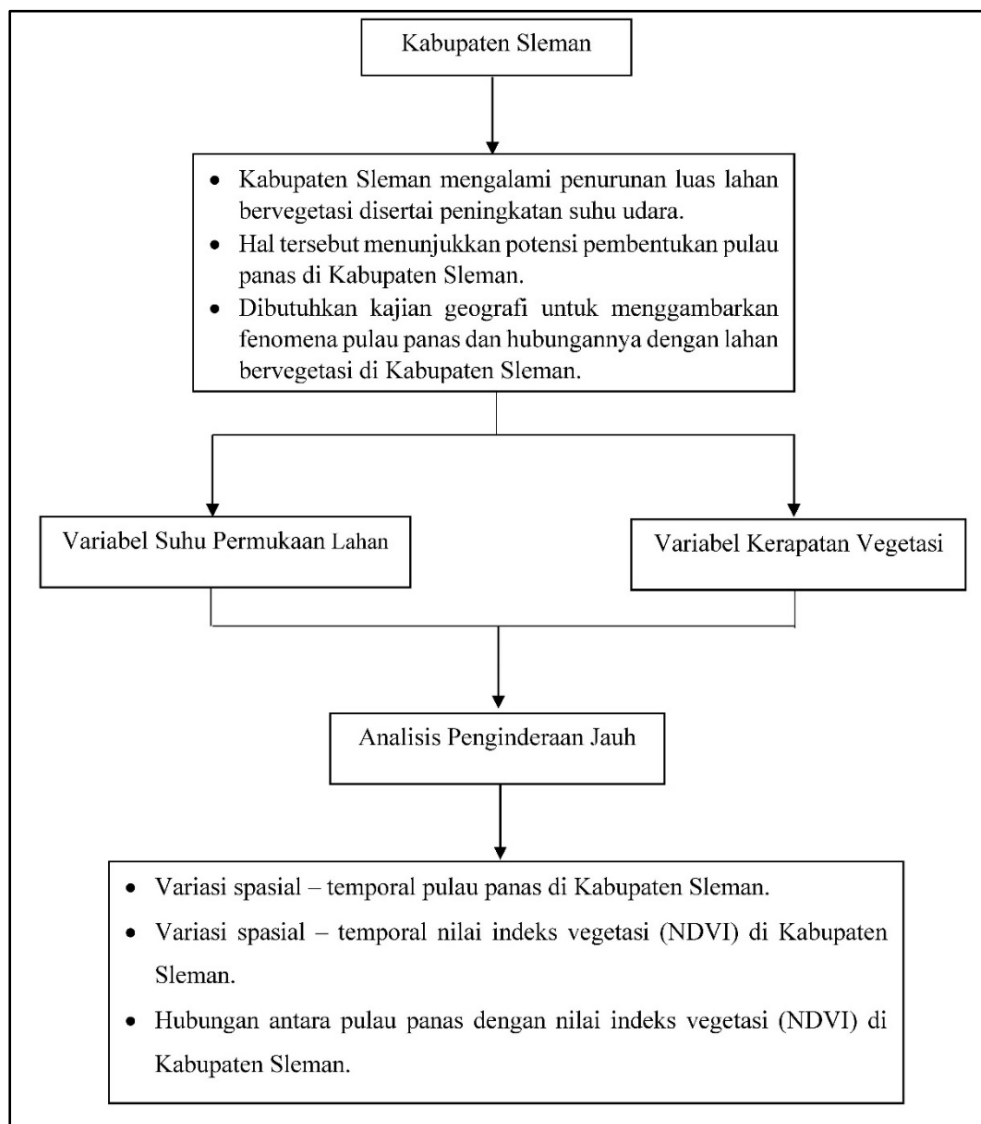
Keseluruhan penelitian tersebut secara umum memiliki kesamaan fokus kajian penelitian, yaitu pada fenomena pulau panas perkotaan. Akan tetapi terdapat perbedaan antara penelitian yang dilakukan, di antaranya adalah pada metode penelitian, pendekatan, serta variabel lain yang dikaji dalam penelitian. Perbedaan metode yang digunakan dalam penelitian di antaranya adalah metode penginderaan jauh dengan pendekatan spasial, penginderaan jauh dengan pendekatan lingkungan, dan penginderaan jauh dengan pendekatan matematika/ komputasi *digital image processing*.

Metode yang berbeda ini menghasilkan penyajian data hasil analisis yang berbeda. Hasil analisis pulau panas dengan metode Penginderaan Jauh dan pendekatan keruangan memberikan penyajian data keruangan dalam bentuk peta dan tabel yang terikat dengan letak absolut objek penelitian. Kajian pulau panas dengan pendekatan lingkungan menyajikan hasil analisis pada unsur klimatologis yang secara detil terukur di lapangan, sebagaimana pada penelitian *Pulau Panas Perkotaan Akibat Perubahan Tata Guna dan Penutup Lahan di Bandung dan Bogor* oleh Laras Tursilowati (2008). Sementara kajian pulau panas dengan pendekatan matematis menekankan hasil pada komposisi penyusun citra dan logika yang menghasilkan suatu informasi baru pada citra, sebagaimana pada penelitian *Urban Heat Island Analysis Using the Landsat TM Data and ASTER Data: A Case Study in Hong Kong* oleh Liu Liu dan Yuanzhi Zhang (2011)..

Kajian Penginderaan Jauh untuk pulau panas pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan spasial, di mana analisis yang dilakukan tidak lepas dari analisis keruangan. Penelitian relevan yang juga memiliki kesamaan pendekatan ini adalah penelitian oleh Iswari Nur Hidayati (2013) yang berjudul *Analisis Transformasi Citra dan Penggunaan/ Penutup Lahan Terhadap Urban Heat Island Berbasis Citra Penginderaan Jauh*. Akan tetapi, terdapat perbedaan analisis data, di mana penelitian tersebut menyajikan berbagai analisis transformasi citra untuk tutupan lahan seperti NDVI, NDWI, dan NDBI. Perbedaan lain adalah pada daerah penelitian, jenis citra yang digunakan, serta tahun perekaman citra.

E. Kerangka Berpikir

Kabupaten Sleman menarik dikaji secara geografis, dengan latar belakang meningkatnya jumlah penduduk dan lahan terbangun sehingga menyumbangkan permasalahan ekologis dan klimatologis. Permasalahan tersebut dikarenakan terjadinya alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan permukiman dan industri/pertokoan. Sementara vegetasi berperan dalam penyerapan radiasi panas dan CO₂. Berkurangnya lahan vegetasi menyebabkan berkurangnya fungsi tersebut, sehingga diyakini sebagai faktor penyebab pulau panas perkotaan. Pengembangan penjabaran tersebut dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Kerangka Berpikir

Suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi merupakan dua variabel yang ditinjau dalam penelitian ini. Sensor inframerah dan cahaya tampak pada teknologi penginderaan jauh dapat mendeteksi nilai suhu permukaan lahan dengan analisis *Land Surface Temperature* (LST) dan nilai kerapatan vegetasi dengan analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Diperolehnya nilai suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman tahun 2013 dan 2015 menjadi dasar dalam kajian pulau panas dengan mengetahui variasi *spatio-temporal* suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman, variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman, serta hubungan antara pulau panas dan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

F. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori yang telah dipaparkan, disusun hipotesis sebagai jawaban sementara dari rumusan masalah berikut:

1. Variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman.

H_0 = “Tidak ada variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman”

H_1 = “Ada variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman”

2. Variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

H_0 = “Tidak ada variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman”

H_1 = “Ada variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman”

3. Hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

H_0 = “Tidak ada hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.”

H_1 = “Ada hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.”

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah korelasional. Penelitian ditujukan untuk menggali data primer suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi dengan penginderaan jauh serta memberikan analisis variasi *spatio-temporal* pulau panas dan hubungannya dengan kerapatan vegetasi.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan spasial dan temporal. Pendekatan spasial dimaksudkan untuk menganalisis data-data yang diperoleh dari teknologi penginderaan jauh secara keruangan. Pendekatan temporal dimaksudkan untuk menganalisis data yang diperoleh dari teknologi penginderaan jauh dari tahun-tahun yang berbeda dalam penelitian.

Penelitian ini merupakan penelitian populasi. Teknik analisis yang digunakan adalah teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan algoritma LST (*Land Surface Temperature*) untuk mengekstraksi nilai suhu permukaan lahan dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk mengekstraksi nilai kerapatan vegetasi. Dilakukan analisis korelasi spasial dari hasil tersebut untuk mengkaji pulau panas yang tampak dari persebaran suhu permukaan lahan dan hubungannya dengan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman sebagai daerah penelitian.

B. Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

1. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah suhu permukaan lahan serta nilai indeks vegetasi (NDVI) di daerah penelitian. Suhu permukaan lahan dikaji dalam satuan derajat celsius, yang kemudian dianalisis secara visual untuk mengidentifikasi konsentrasi pulau panas di daerah penelitian. Nilai indeks vegetasi merupakan indikator kerapatan vegetasi yang berhubungan dengan pemanfaatan suatu lahan di daerah penelitian.

2. Definisi Operasional Variabel Penelitian

a. Suhu Permukaan Lahan

Suhu permukaan lahan yang dimaksud adalah hasil transformasi LST (*Land Surface Temperature*) citra penginderaan jauh. Suhu permukaan lahan diolah dalam satuan derajat Celsius. Citra satelit Landsat 8 TIRS multitemporal ditransformasikan sehingga diperoleh 2 lembar peta citra suhu permukaan lahan dengan satuan derajat Celsius. Setiap lembar peta citra suhu permukaan lahan mewakili kondisi lahan dari tahun perekaman 2013 dan 2015. Suhu permukaan lahan ini menjadi dasar analisis visual untuk mengidentifikasi variasi *spatio-temporal* pulau panas.

b. Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi yang dimaksud adalah hasil transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) citra penginderaan jauh. Kerapatan vegetasi diolah dalam indeks kerapatan vegetasi dengan skala 0 – 1, yang mana semakin mendekati nilai 1 maka kerapatan vegetasi semakin tinggi dan semakin mendekati nilai 0 maka kerapatan vegetasi semakin rendah. Citra satelit Landsat 8 OLI multitemporal ditransformasikan sehingga diperoleh 2 lembar peta citra kerapatan vegetasi dengan skala *digital number* 0 – 1. Setiap lembar peta citra kerapatan vegetasi mewakili kondisi lahan dari tahun perekaman 2013 dan 2015.

C. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Waktu penelitian ini yaitu pada Bulan Februari – November 2016.

D. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi

Populasi penelitian ini adalah unit piksel hasil transformasi LST dan NDVI yang terekam pada citra Landsat 8 OLI/ TIRS multitemporal tahun 2013 dan 2015 dalam cakupan wilayah Kabupaten Sleman DI Yogyakarta.

2. Sampel

Sampel digunakan untuk uji ketelitian hasil transformasi citra satelit Landsat dari hasil ekstraksi suhu permukaan lahan dan indeks kerapatan vegetasi. Jumlah sampel dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan rumus Fitzpatrick Lins (McCoy, 2005: 21-22), yaitu:

$$N = \frac{Z^2 p q}{E^2}$$

Keterangan:

N = Jumlah sampel

Z = Standar deviasi normal yang nilainya 2

p = Ketelitian yang diharapkan

q = 100-p

E = Kesalahan yang diterima

Ditetapkan 85% ketelitian dan 10% tingkat kesalahannya, maka:

$$N = \frac{2^2 \cdot 85 \cdot 15}{10^2} = 51 \text{ sampel}$$

Diperoleh N= = 51 sampel, atau dengan kata lain jumlah sampel dalam penelitian ini adalah sebanyak 51 titik yang dibagi berdasarkan populasi pada tiap kelas. Jumlah sampel untuk masing-masing kelas dihitung dengan rumus:

$$n_i = N_i / N \times n$$

Keterangan:

n_i = jumlah sampel kelas i

N_i = jumlah populasi kelas i

N = jumlah populasi

n = jumlah sampel

Metode *propotional random sampling* merupakan metode pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian, di mana pengambilan sampel dilakukan secara acak namun tetap menyesuaikan strata/ pembagian populasi dalam kelompok sehingga tidak tumpang tindih. Piksel diambil berdasarkan klasifikasi suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi dari hasil penelitian yaitu sejumlah 51 piksel untuk setiap variabel penelitian.

E. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

1. Alat:
 - a. Perangkat lunak ENVI 4.5, digunakan untuk pengolahan citra penginderaan jauh.
 - b. Perangkat lunak ILWIS 3.3, digunakan untuk pengolahan citra penginderaan jauh.
 - c. Perangkat lunak SPSS 3.3 digunakan untuk uji statistik.
 - d. Perangkat lunak ArcGIS 10.1, digunakan untuk pembuatan peta.
 - e. *Receiver GPS handheld*, digunakan untuk pengambilan informasi lokasi absolut setiap sampel di lapangan.
 - f. Termometer Inframerah, digunakan untuk pengambilan sampel suhu lahan di lapangan.
2. Bahan:
 - a. Citra digital Landsat 8 OLI/TIRS.
 - b. Peta Administrasi DI Yogyakarta sebagai data vektor pendukung.

F. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

1. Interpretasi Citra

Dalam penelitian ini, dilakukan transformasi citra LST (*Land Surface Temperature*) yang ditujukan dalam memperoleh nilai suhu permukaan lahan yang kemudian dikaji lebih lanjut untuk identifikasi pulau panas dan

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang ditujukan dalam memperoleh nilai indeks kerapatan vegetasi.

2. Observasi

Observasi merupakan salah satu teknik pengumpulan data atau fakta yang cukup efektif untuk mempelajari suatu sistem. Observasi adalah pengamatan langsung para pembuat keputusan berikut lingkungan fisiknya dan atau pengamatan langsung suatu kegiatan yang sedang berjalan. Observasi yang dilakukan adalah membandingkan hasil pengolahan citra digital penginderaan jauh dengan kondisi lapangan untuk mengetahui akurasi hasil interpretasi citra yang digunakan dalam penelitian.

3. Dokumentasi

Dokumen adalah hal yang penting agar penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan. Dokumen yang diperlukan untuk penelitian ini adalah: *Single Base Map* DIY, citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2013 dan 2015 serta metadata dari citra tersebut.

G. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menindaklanjuti hasil perolehan data dari transformasi citra digital penginderaan jauh. Analisis data dalam penelitian ini terdiri atas tiga angkaian:

1. Pengolahan Citra Untuk Ekstraksi Suhu Permukaan Lahan

Ekstraksi suhu permukaan lahan dari citra satelit penginderaan jauh diperlukan untuk analisis lebih lanjut mengenai karakteristik *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman. Citra satelit yang digunakan untuk analisis ini adalah citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS perekaman 2013 dan 2015. Seluruh citra yang digunakan memiliki rentang waktu perekaman yang mendekati, yaitu waktu pagi hari pada kisaran bulan April – Oktober yang diperkirakan masih dalam rentang musim yang menyesuaikan jadwal pelaksanaan penelitian, untuk mengurangi kerancuan anomali suhu yang terekam pada citra.

Konversi nilai reflektan menjadi nilai radian dilakukan pada citra satelit Landsat 8 TIRS menggunakan rumus:

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{Cal} + A_L$$

Keterangan:

Q_{Cal} = Nilai piksel (DN)

M_L = Multiplikatif skala faktor radian (dari metadata citra)

A_L = Aditif skala faktor radian (dari metadata citra)

L_{λ} = Radiasi spektral

Pengolahan citra untuk ekstraksi suhu permukaan lahan atau LST (*Land Surface Temperature*) dilakukan setelah konversi nilai reflektan menjadi nilai radian, menggunakan rumus:

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

Keterangan:

T = Suhu (Kelvin)

$K1$ = Konstanta konversi 1 (dari metadata citra)

$K2$ = Konstanta konversi 2 (dari metadata citra)

L_{λ} = Radiasi spektral

2. Pengolahan Citra Untuk Ekstraksi Nilai Indeks Vegetasi

Ekstraksi nilai indeks vegetasi ditujukan untuk meninjau kerapatan vegetasi di wilayah penelitian. Pengolahan citra untuk tujuan ini menggunakan rumus NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), yang mana menghubungkan antara nilai piksel dari saluran merah (*Red*) dan inframerah dekat (*Near Infra Red/ NIR*). Perhitungan NDVI dirumuskan sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{(BV_{inframerah\ dekat} - BV_{merah})}{(BV_{inframerah\ dekat} + BV_{merah})}$$

Keterangan:

BV_{inframerah dekat} = Reflektan saluran inframerah dekat

BV_{merah} = Reflektan saluran cahaya tampak

3. Pengujian Akurasi

Uji akurasi dilakukan menggunakan sejumlah sampel yang telah ditentukan untuk mengetahui ketelitian hasil interpretasi citra. Uji akurasi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Error Matrix* atau Matrik Kesalahan, sebagai berikut dalam Tabel 7:

Tabel 7. *Error matrix*/ Matrik Kesalahan

Kelas Referensi	Dikelaskan ke Kelas			Jumlah Piksel	Akurasi Pembuat
	A	B	C		
A	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₊	X ₁₁ /X ₁₊
B	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₊	X ₂₂ /X ₂₊
C	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₊	X ₃₃ /X ₃₊
Total Piksel	X ₊₁	X ₊₂	X ₊₃	N	
Akurasi Pengguna	X ₁₁ /X ₊₁	X ₂₂ /X ₊₂	X ₃₃ /X ₊₃		

Sumber: Sutanto, 1994: 118.

Beberapa persamaan akurasi yang digunakan adalah:

$$Kappa (K) = \left(\frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi Pengguna} = \left(\frac{X_{ii}}{X_{i+}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi Pembuat} = \left(\frac{X_{ii}}{X_{+i}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Akurasi Keseluruhan} = \left(\frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

N : Banyaknya semua piksel yang digunakan untuk pengamatan

X_{i+} : Jumlah piksel dalam baris ke - i

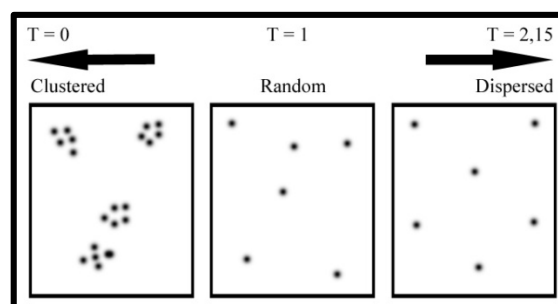
X_{+i} : Jumlah piksel dalam kolom ke -i

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

4. *Time Series Analysis*

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui variasi spasial dan temporal variabel penelitian menggunakan berbagai teknik analisis, antara lain:

- a. Analisis statistik dilakukan secara deskriptif untuk mengetahui persebaran temporal nilai piksel pada setiap hasil transformasi LST dan NDVI dari tahun perekaman berbeda.
- b. Analisis tetangga terdekat (*Nearest Neighbour*) menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.1 untuk mengetahui pola spasial pulau panas dan nilai indeks vegetasi yang akan dikorelasikan. Pola spasial yang dapat terbentuk antara lain *clustered* (mengelompok), *random* (acak), dan *dispersed* (tersebar merata). Hasil yang diperoleh dari perhitungan otomatis di ArcGIS 10.1 dapat diterjemahkan dengan ketentuan pada Gambar 12, di mana nilai T semakin mendekati 0 menunjukkan pola spasial mengelompok, nilai T semakin mendekati 1 menunjukkan pola spasial tersebar acak, dan nilai T semakin mendekati 2,15 menunjukkan pola spasial tersebar merata.



Gambar 12. Konsep Penerjemahan Rasio Tetangga Terdekat (Hagget dalam Bintarto dan Hadisumarno, 1979:76)

5. Uji Prasyarat Hipotesis

Uji prasyarat hipotesis dilakukan untuk menjawab hipotesis penelitian. Pengujian yang dilakukan adalah uji-t untuk rumusan masalah nomor 1 dan nomor 2, serta uji korelasi spasial untuk menjawab rumusan masalah nomor 3. Teknik analisis ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS 23 sebagai alat untuk uji-t, serta perangkat lunak ILWIS 3.3 sebagai alat untuk uji korelasi spasial. Uji hipotesis yang dilakukan berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

- a. Variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman.
 - 1) jika probabilitas $(p) > 0,05$ maka hipotesis nihil (H_0) diterima, artinya tidak ada variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman.
 - 2) jika probabilitas $(p) < 0,05$ maka hipotesis nihil (H_0) ditolak, artinya ada variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman.
- b. Variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.
 - 1) jika probabilitas $(p) > 0,05$ maka hipotesis nihil (H_0) diterima, artinya tidak ada variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.
 - 2) jika probabilitas $(p) < 0,05$ maka hipotesis nihil (H_0) ditolak, artinya ada variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.
- c. Hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

Analisis ini dilakukan dengan analisis korelasi spasial untuk meninjau hubungan antara hasil transformasi citra LST dan NDVI. Korelasi ini diterjemahkan berdasarkan Indeks Moran, yaitu $I < 0$ sebagai hubungan negatif yang kuat, $I = 0$ sebagai hubungan acak, dan $I > 0$ sebagai hubungan positif yang kuat (*ILWIS Reference Guide*: 379, 381). Sehingga,

- 1) jika indeks Moran (I) = 0 maka hipotesis nihil (H_0) diterima, artinya tidak ada hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.
- 2) jika indeks Moran (I) < 0 atau indeks Moran (I) > 0 maka hipotesis nihil (H_0) ditolak, artinya ada hubungan antara pulau panas dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman.

H. Tahap-Tahap Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari: Tahap Persiapan, Tahap Pelaksanaan, dan Tahap Penyelesaian.

1. Tahap Persiapan

a. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan tahapan awal dari penelitian ini, yang bertujuan untuk memahami pustaka dan penelitian – penelitian relevan, sehingga penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Studi pustaka meliputi kajian literatur teoritis sebagai acuan dasar penelitian, serta kajian literatur praktis sebagai acuan metode penelitian.

b. Menyiapkan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan merupakan tahapan penelitian, yang bertujuan untuk memperoleh seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, di antaranya adalah:

- i. Instalasi perangkat lunak yang dibutuhkan dalam kegiatan penelitian, antara lain: ENVI 4.5, ILWIS 3.3, SPSS 3.3, dan ARCGIS 10.1.
- ii. *Download* citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS dari website earthexplorer.usgs.gov dan data vektor penduduk.

2. Tahap Pelaksanaan

a. Menampilkan citra Landsat 8 OLI/TIRS

Citra Landsat yang diperoleh dari website earthexplorer.usgs.gov merupakan seri L1-T (*level-one terrain-corrected*) yang telah terbebas dari kesalahan akibat sensor, satelit dan bumi sehingga dapat langsung ditampilkan tanpa mengharuskan koreksi geometrik. Citra Landsat ditampilkan menggunakan perangkat lunak pengolahan citra digital yaitu ENVI 4.5, berdasarkan kebutuhan saluran yang diperlukan untuk analisis *LST* yaitu *band* 10 dan *band* 11, serta analisis *NDVI* yaitu *band* 4 (saluran merah) dan *band* 5 (saluran inframerah dekat/ NIR).

b. Transformasi citra

Terdapat dua jenis transformasi citra pada penelitian ini, yaitu transformasi LST (*Land Surface Temperature*) untuk ekstraksi suhu permukaan lahan dan transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk ekstraksi indeks kerapatan vegetasi. Transformasi citra dilakukan secara terpisah berdasarkan jenis transformasi yang dituju dan saluran citra yang dibutuhkan, serta pada masing-masing tahun perekaman yang berbeda. Menggunakan perangkat lunak ENVI 4.5, transformasi LST dapat dijalankan melalui *tools Bandmath*, yaitu suatu *tools* yang difungsikan untuk input rumus pengolahan citra digital sesuai kebutuhan peneliti, dan transformasi NDVI dapat dijalankan langsung melalui *tools* NDVI yang secara *default* telah disediakan untuk aplikasi otomatis.

c. Klasifikasi

Klasifikasi yang dilakukan adalah pembagian kelas pada hasil transformasi citra untuk suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi. Pembagian kelas untuk suhu permukaan lahan didasarkan pada asumsi suhu kenyamanan udara yaitu seputar $23^{\circ} - 28^{\circ}$ Celsius (*Government of Alberta*, 2009: 23), sehingga pembagian kelas berikutnya mengikuti secara berkelanjutan sejumlah 5 kelas berdasarkan *equal interval*, yaitu:

Sangat rendah = $< 17^{\circ}$ Celsius

Rendah = $17^{\circ} - 22^{\circ}$ Celsius

Sedang = $23^{\circ} - 28^{\circ}$ Celsius

Tinggi = $29^{\circ} - 34^{\circ}$ Celsius

Sangat tinggi = $> 34^{\circ}$ Celsius

Pembagian kelas untuk kerapatan vegetasi berjumlah 5 kelas berdasarkan *equal interval* rentang nilai indeks vegetasi 0 – 1 (Tien Lastini, dkk, 2006: 29) sehingga kerapatannya bernilai:

Sangat rendah = 0 – 0,19

Rendah = 0,2 – 0,39

Sedang = 0,4 – 0,59

$$\text{Tinggi} = 0,6 - 0,79$$

$$\text{Sangat tinggi} = 0,8 - 1$$

d. Vektorisasi citra

Vektorisasi citra merupakan konversi citra raster menjadi data vektor, untuk memudahkan analisis data spasial hasil transformasi citra serta representasi akhir data berupa peta suhu permukaan lahan dan peta kerapatan vegetasi. Vektorisasi citra dilakukan menggunakan perangkat lunak ENVI 4.5, yang mana kemudian data dapat dibuka menggunakan perangkat lunak ARCGIS 10.1 untuk pemetaan.

e. Uji lapangan

Uji lapangan merupakan tahap perbandingan data hasil transformasi citra dengan meninjau kesesuaiannya di lapangan. Uji lapangan dilakukan secara merata di daerah penelitian, yaitu Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta berdasarkan keberadaan titik sampel yang telah ditentukan.

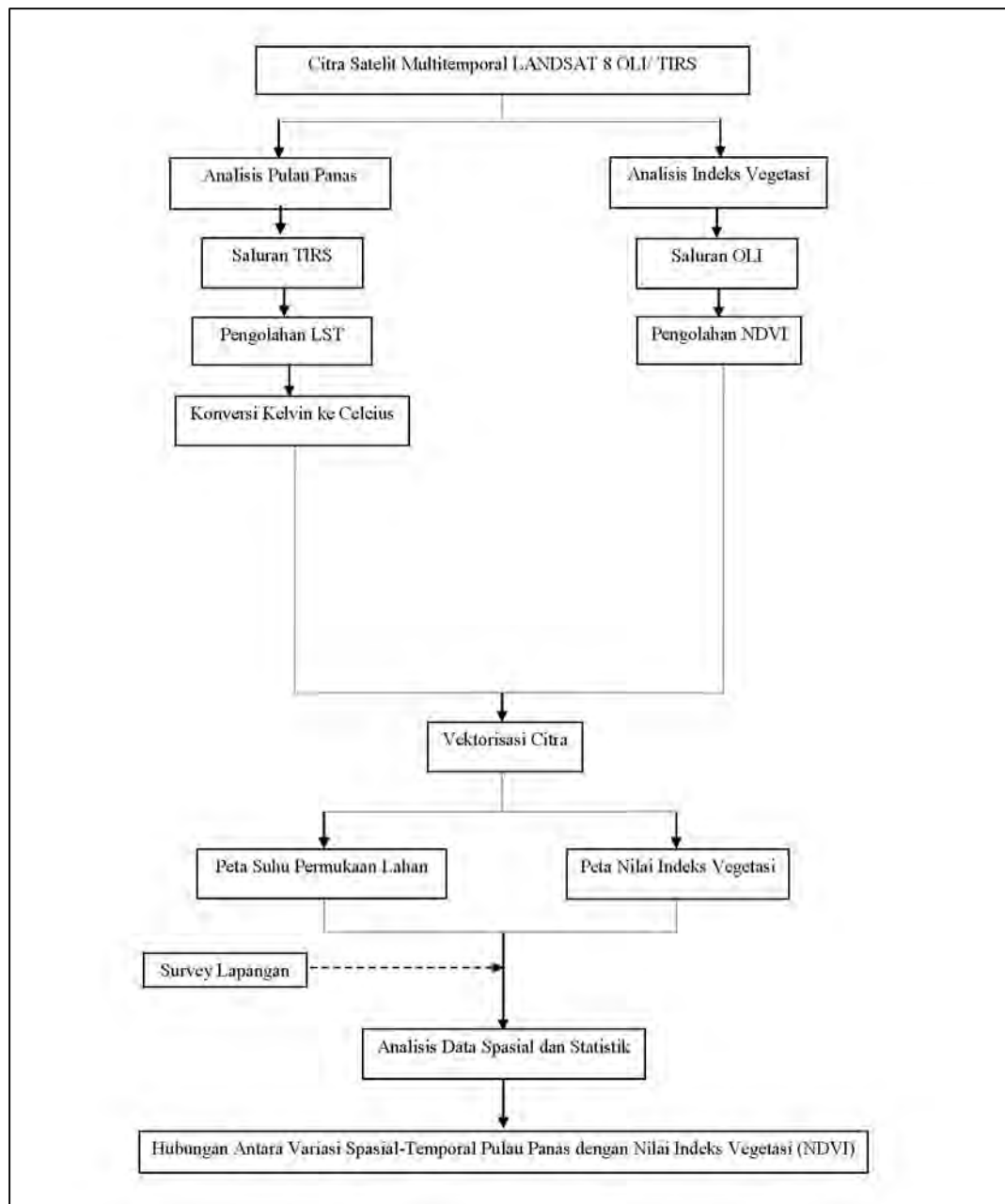
f. Analisis data

Analisis data merupakan tahapan terakhir dari pelaksanaan penelitian, dimana dari tahapan ini diperoleh jawaban dari tujuan penelitian, yaitu mengetahui variasi *spatio-temporal* pulau panas dan hubungannya terhadap nilai indeks vegetasi di Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta. Perangkat lunak ILWIS 3.3 digunakan dalam analisis statistik spasial untuk mengetahui variasi *spatio-temporal* LST dan NDVI, dan korelasi spasial untuk mengetahui hubungan antara pulau panas terhadap kerapatan vegetasi di daerah penelitian.

3. Tahap Penyelesaian

Tahap penyelesaian merupakan tahapan akhir penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi hasil penelitian dan menyusun laporan sehingga dapat mengetahui ketercapaian dari tujuan penelitian serta memudahkan pengarsipan penelitian untuk kemudian dimanfaatkan lebih lanjut. Laporan penelitian disusun dengan pelampiran hasil akhir penelitian yaitu antara lain Peta Suhu Permukaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan 2015, Peta

Kerapatan Vegetasi Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan 2015, tabel korelasi serta grafik *trend* perubahan suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman tahun 2013 dan 2015.



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Daerah Penelitian

1. Kondisi Fisik

a. Letak, Batas, dan Luas Daerah Penelitian

Kabupaten Sleman adalah salah satu kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Lokasi relatif Kabupaten Sleman terletak di Pulau Jawa Bagian tengah yang bertepatan dengan sisi selatan lereng Gunung Merapi. Letak Kabupaten Sleman berdasarkan koordinat geografis berada di antara 110° 33' 00" sampai 110°13' 00" Bujur Timur dan 7° 34' 51" sampai 7° 47' 30" Lintang Selatan. Letak Kabupaten Sleman berdasarkan proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM) adalah pada Zona 49 M di belahan bumi selatan, pada koordinat 413.520 meter Timur sampai 450.571 meter Timur dan 9.166.272 meter Utara sampai 9.133.638 meter Utara.

Kabupaten Sleman merupakan kabupaten yang terletak di sisi utara D.I. Yogyakarta sehingga merupakan perbatasan antara D.I. Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah. Batas utara Kabupaten Sleman adalah Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. Batas selatan Kabupaten Sleman adalah Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta dan Kota Yogyakarta, D.I. Yogyakarta. Batas timur Kabupaten Sleman adalah Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah. Batas Barat Kabupaten Sleman adalah Kabupaten Kulonprogo, D.I. Yogyakarta dan Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah.

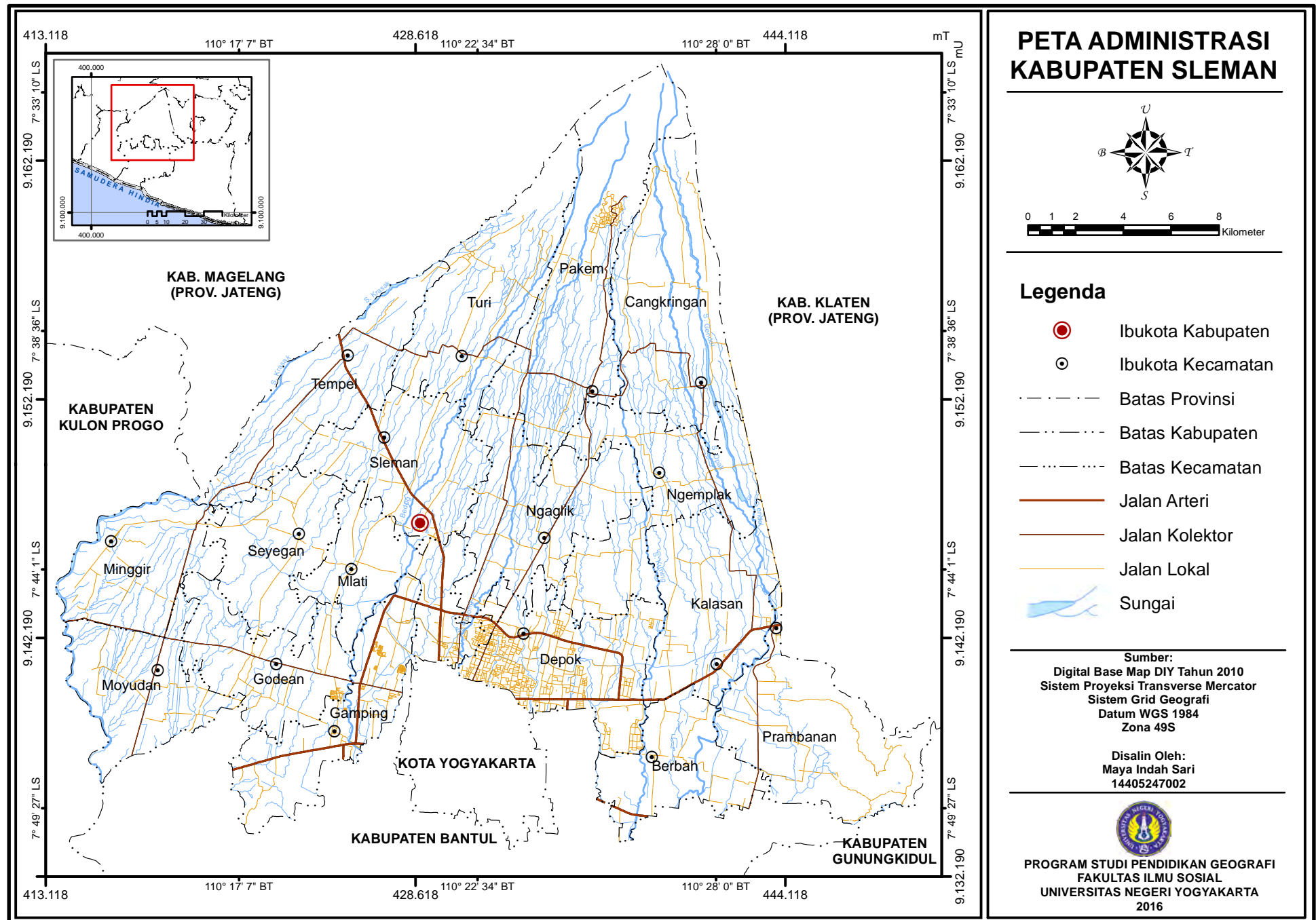
Kabupaten Sleman memiliki luas wilayah 574,82 km² dan terdiri dari 17 (tujuh belas) kecamatan. Pembagian luas wilayah administratif di Kabupaten Sleman ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Wilayah Administrasi Kabupaten Sleman

No.	Kecamatan	Luas Wilayah	
		Ha	%
1	Moyudan	2.762	4,80
2	Minggir	2.727	4,74
3	Sayegan	2.663	4,63
4	Godean	2.684	4,67
5	Gamping	2.925	5,09
6	Mlati	2.852	4,96
7	Depok	3.555	6,18
8	Berbah	2.299	4,00
9	Prambanan	4.135	7,19
10	Kalasan	3.584	6,23
11	Ngemplak	3.571	6,21
12	Ngaglik	3.852	6,70
13	Sleman	3.132	5,45
14	Tempel	3.249	5,65
15	Turi	4.309	7,5
16	Pakem	4.384	7,63
17	Cangkringan	4.799	8,35
Jumlah		57.482	100,00

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2016

Tabel 8 menunjukkan bahwa kecamatan dengan cakupan wilayah paling luas di Kabupaten Sleman adalah Kecamatan Cangkringan, yaitu 8,35% dari luas kabupaten. Kecamatan dengan cakupan wilayah paling kecil adalah Kecamatan Berbah, yang memiliki luas 4% dari luas Kabupaten Sleman. Gambar 14 menampilkan pembagian wilayah administrasi Kabupaten Sleman dalam Peta Administrasi.



Gambar 14. Peta Administrasi Kabupaten Sleman

b. Kondisi Topografi

Kondisi topografi Kabupaten Sleman berdasarkan kemiringan lereng disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kemiringan Lereng Kabupaten Sleman

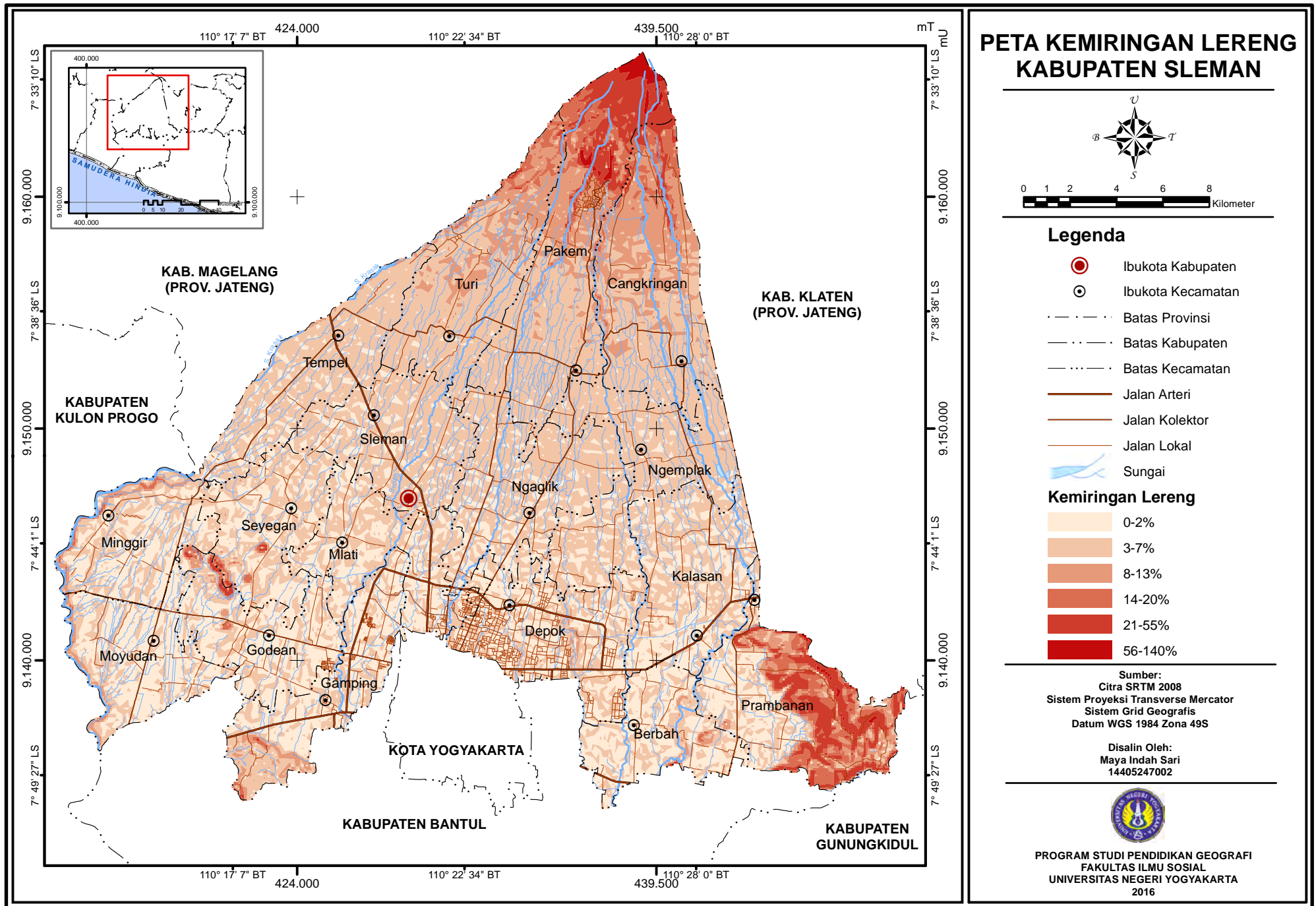
No.	Kecamatan	0 - 2 %		3 – 7 %		8 – 13 %		14 - 20 %		21 - 55 %		56 - 140 %		Jumlah	
		Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase
1	Berbah	1.675,39	57,28%	1.143,66	39,10%	87,51	2,99%	15,89	0,54%	2,56	0,09%	0,00	0,00%	2.925,00	5,09%
2	Cangkringan	21,95	0,82%	1.350,77	50,33%	973,86	23,15%	228,09	8,50%	109,03	4,06%	0,31	0,01%	2.684,00	4,67%
3	Depok	1.478,12	53,52%	1.245,17	45,08%	38,72	0,92%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	2.762,00	4,80%
4	Gamping	1.383,01	50,72%	1.161,05	42,58%	155,29	3,69%	24,47	0,90%	3,19	0,12%	0,00	0,00%	2.727,00	4,74%
5	Godean	1.531,31	57,50%	978,13	36,73%	68,11	1,62%	49,49	1,86%	35,96	1,35%	0,00	0,00%	2.663,00	4,63%
6	Kalasan	1.251,03	43,87%	1.596,78	55,99%	4,19	0,10%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	2.852,00	4,96%
7	Minggir	1.649,14	46,39%	1.604,35	45,13%	214,95	5,11%	84,33	2,37%	2,23	0,06%	0,00	0,00%	3.555,00	6,18%
8	Mlati	1.094,89	47,62%	1.197,41	52,08%	6,71	0,16%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	2.299,00	4,00%
9	Moyudan	2.528,17	61,14%	1.415,66	34,24%	161,57	3,84%	29,59	0,72%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	4.135,00	7,19%
10	Ngaglik	891,20	24,87%	2.692,34	75,12%	0,46	0,01%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	3.584,00	6,23%
11	Ngemplak	602,11	16,86%	2.960,61	82,91%	8,28	0,20%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	3.571,00	6,21%
12	Pakem	41,27	1,07%	1.876,53	48,72%	710,88	16,90%	362,69	9,42%	709,98	18,43%	150,66	3,91%	3.852,00	6,70%
13	Prambanan	771,71	24,64%	639,64	20,42%	412,40	9,80%	571,12	18,24%	718,80	22,95%	18,32	0,59%	3.132,00	5,45%
14	Seyegan	1.390,85	42,81%	1.730,63	53,27%	54,39	1,29%	50,33	1,55%	22,80	0,70%	0,00	0,00%	3.249,00	5,65%
15	Sleman	922,20	21,40%	3.382,38	78,50%	4,42	0,11%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	4.309,00	7,50%
16	Tempel	755,97	17,24%	3.561,63	81,24%	66,39	1,58%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	4.384,00	7,63%
17	Turi	75,19	1,57%	3.183,92	66,35%	1.239,26	29,45%	269,79	5,62%	30,84	0,64%	0,00	0,00%	4.799,00	8,35%
Jumlah		18.063,52	31,42%	31.720,63	55,18%	4.207,39	7,32%	1.685,80	2,93%	1.635,38	2,85%	169,29	0,29%	57.482,00	100,00%

Sumber: Data primer Citra SRTM, 2016

Tabel 9 menunjukkan bahwa Kabupaten Sleman terbagi atas 6 (enam) kelas kemiringan lereng, yaitu:

- 1) Kemiringan lereng 0 – 2 %, atau merupakan wilayah dengan relief datar
- 2) Kemiringan lereng 3 – 7%, atau merupakan wilayah dengan relief berombak
- 3) Kemiringan lereng 8 – 13%, atau merupakan wilayah dengan relief bergelombang
- 4) Kemiringan lereng 14 – 20%, atau merupakan wilayah dengan relief berbukit
- 5) Kemiringan lereng 21 – 55%, atau merupakan wilayah dengan relief pegunungan
- 6) Kemiringan lereng 56 – 140%, atau merupakan wilayah dengan relief pegunungan curam.

Kondisi topografi di sebagian besar wilayah Kabupaten Sleman berada pada kelas berombak (3 – 7 %), yaitu meliputi 59,42% dari luas kabupaten dan terdapat di seluruh kecamatan di Kabupaten Sleman. Kondisi topografi dengan liputan terkecil di Kabupaten Sleman adalah pada kelas pegunungan curam (56 – 140%), yaitu meliputi 0,29% dari luas kabupaten dan terdapat di Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Pakem, dan Kecamatan Prambanan. Kondisi topografi Kabupaten Sleman ditampilkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Sleman

c. Kondisi Iklim

1) Suhu Udara

Gambaran umum kondisi suhu udara di Kabupaten Sleman dapat diketahui dengan menggunakan rumus Braak (Braak, 1928, dalam Sofyan Ritung dkk, 2007: 6) yang mempertimbangkan hubungan antara suhu udara dengan topografi permukaan bumi. Menurut rumus Braak,

$$t = 26,3 - \frac{(0,61^{\circ}C \times h)}{100}$$

Keterangan:

t = suhu udara

26,3 C = suhu rata-rata tahunan

0,61 C = gradien suhu setiap kenaikan 100 m

h = ketinggian tempat

Suhu udara tertinggi di Kabupaten Sleman diperoleh berdasarkan titik terendah di Kabupaten Sleman yang terekam pada citra SRTM, yaitu 48 mdpl. Perhitungan suhu udara maksimum dilakukan sebagai berikut,

$$T_{max} = 26,3 - \frac{(0,61^{\circ}C \times 48)}{100} = 26^{\circ}C$$

Suhu udara terendah di Kabupaten Sleman diperoleh berdasarkan titik tertinggi di Kabupaten Sleman yang terekam pada citra SRTM, yaitu 2.846 mdpl. Perhitungan suhu udara minimum dilakukan sebagai berikut,

$$T_{min} = 26,3 - \frac{(0,61^{\circ}C \times 2.846)}{100} = 8,93^{\circ}C$$

Kondisi suhu udara dari perhitungan menggunakan rumus Braak menunjukkan bahwa Kabupaten Sleman memiliki suhu tertinggi senilai 26° C dan suhu terendah senilai 8,93° C. Rentang nilai ini merupakan gambaran umum kondisi suhu udara di Kabupaten Sleman.

2) Curah Hujan

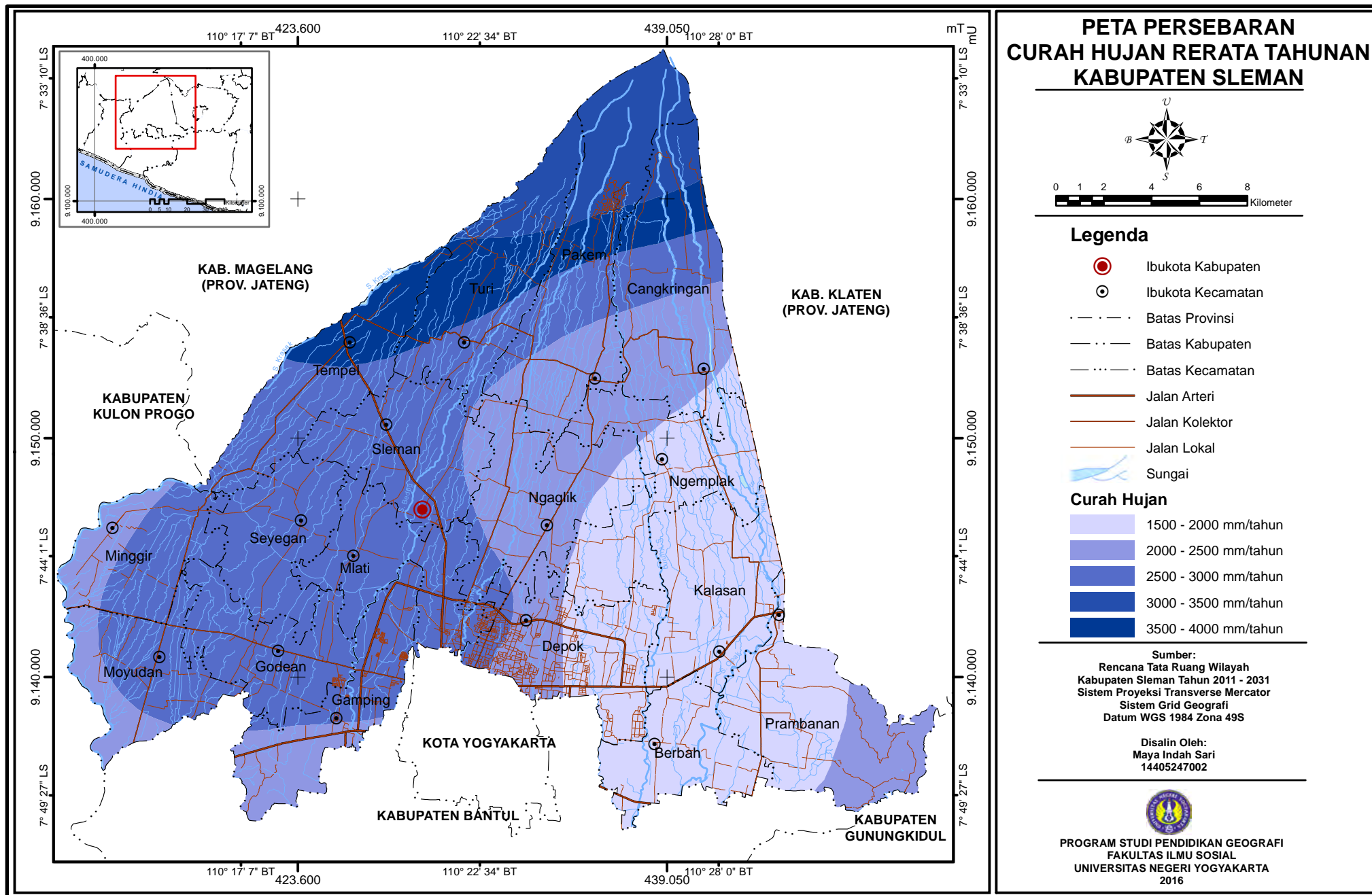
Curah hujan di Kabupaten Sleman dikelompokkan dalam 5 (lima) pembagian wilayah berdasarkan kelas rerata curah hujan/tahun. Pembagian kelas rerata curah hujan tersebut yaitu: 1.500 – 2.000 mm/tahun, 2.000 – 2.500 mm/tahun, 2.500 – 3.000 mm/tahun, 3.000 – 3.500 mm/tahun, dan 3.500 – 4.000 mm/tahun. Data curah hujan Kabupaten Sleman secara umum disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rerata Curah Hujan/ Tahun di Kabupaten Sleman

No	Curah Hujan (mm/tahun)	Luas	
		Ha	%
1	1.500 - 2.000	12.847,17	22,35
2	2.000 - 2.500	12.064,95	20,99
3	2.500 - 3.000	24.773,23	43,10
4	3.000 - 3.500	3.186,92	5,54
5	3.500 - 4.000	4.609,74	8,02
Jumlah		57.482,00	100,00

Sumber: Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman 2011 – 2031

Tabel 10 menunjukkan luas wilayah Kabupaten Sleman berdasarkan pengelompokkan rata-rata curah hujan pertahun. Sebagian besar wilayah di Kabupaten Sleman memiliki rata-rata curah hujan 1.500 – 2.000 mm/tahun, yaitu sejumlah 38,62% dari luas wilayah Kabupaten Sleman. Sebagian kecil wilayah di Kabupaten Sleman memiliki rata-rata curah hujan 2.000 – 2.500 mm/tahun. Gambar 16 menampilkan Peta Persebaran Curah Hujan Rerata Tahunan Kabupaten Sleman.

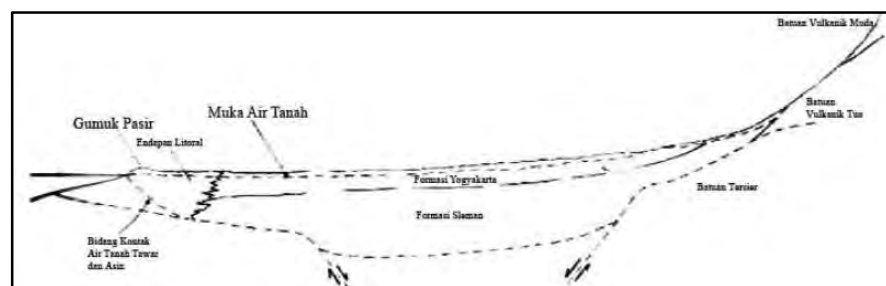


Gambar 16. Peta Persebaran Curah Hujan Rerata Tahunan Kabupaten Sleman

d. Kondisi Hidrologi

1) Cekungan Air Tanah

Kabupaten Sleman memiliki arah aliran airtanah secara regional dari Utara ke Selatan dengan daerah *recharge* berada pada lereng Gunung Merapi di bagian utara. Arah selatan merupakan daerah *discharge* yang ditandai adanya *leakage* dari formasi Sleman ke formasi penurunan topografi. Sistem akuifer di Kabupaten Sleman termasuk kedalam sistem akuifer celah dan antar butir produktivitasnya sedang tersebar di daerah lereng atas Merapi termasuk ke dalam sistem akuifer ruang antar butir dengan produktivitas sedang dan tinggi, sedangkan pada puncak Merapi termasuk ke dalam sistem airtanah langka.



Gambar 17. Sleman – Yogyakarta *Groundwater Basin Concept* (Mac. Donald & Partners, 1984 dalam Hendrayana, H., 1993: 2)

Gambar 17 menunjukkan konsep Cekungan Air Tanah Sleman – Yogyakarta. Kondisi hidrologi di Kabupaten Sleman memiliki kaitan erat dengan lapisan pembawa air (akuifer) dari Cekungan Yogyakarta, yang sering disebut sebagai Sistem Akuifer Merapi (SAM). SAM secara umum dibedakan menjadi Sistem Akuifer bagian atas yang didominasi oleh Formasi Yogyakarta dan Sistem Akuifer bagian bawah yang dibentuk oleh Formasi Sleman. Kedua formasi tersebut merupakan Akuifer Utama dalam cekungan dan membentuk satu Sistem Akuifer CAT Yogyakarta - Sleman.

2) Aliran Sungai

Aliran sungai di wilayah Kabupaten Sleman cukup potensial karena pada umumnya merupakan sungai perennial yang mengalirkan air sepanjang tahun. Kondisi aliran tersebut didukung oleh curah hujan yang tinggi, topografi, sifat tanah permeabel, dan aliran dasar (*base flow*) yang berasal dari air bawah tanah cukup tinggi. Kabupaten Sleman memiliki dua sistem DAS (Daerah Aliran Sungai), yaitu DAS Progo yang bermuara pada Sungai Progo dan DAS Opak yang bermuara pada Sungai Opak.

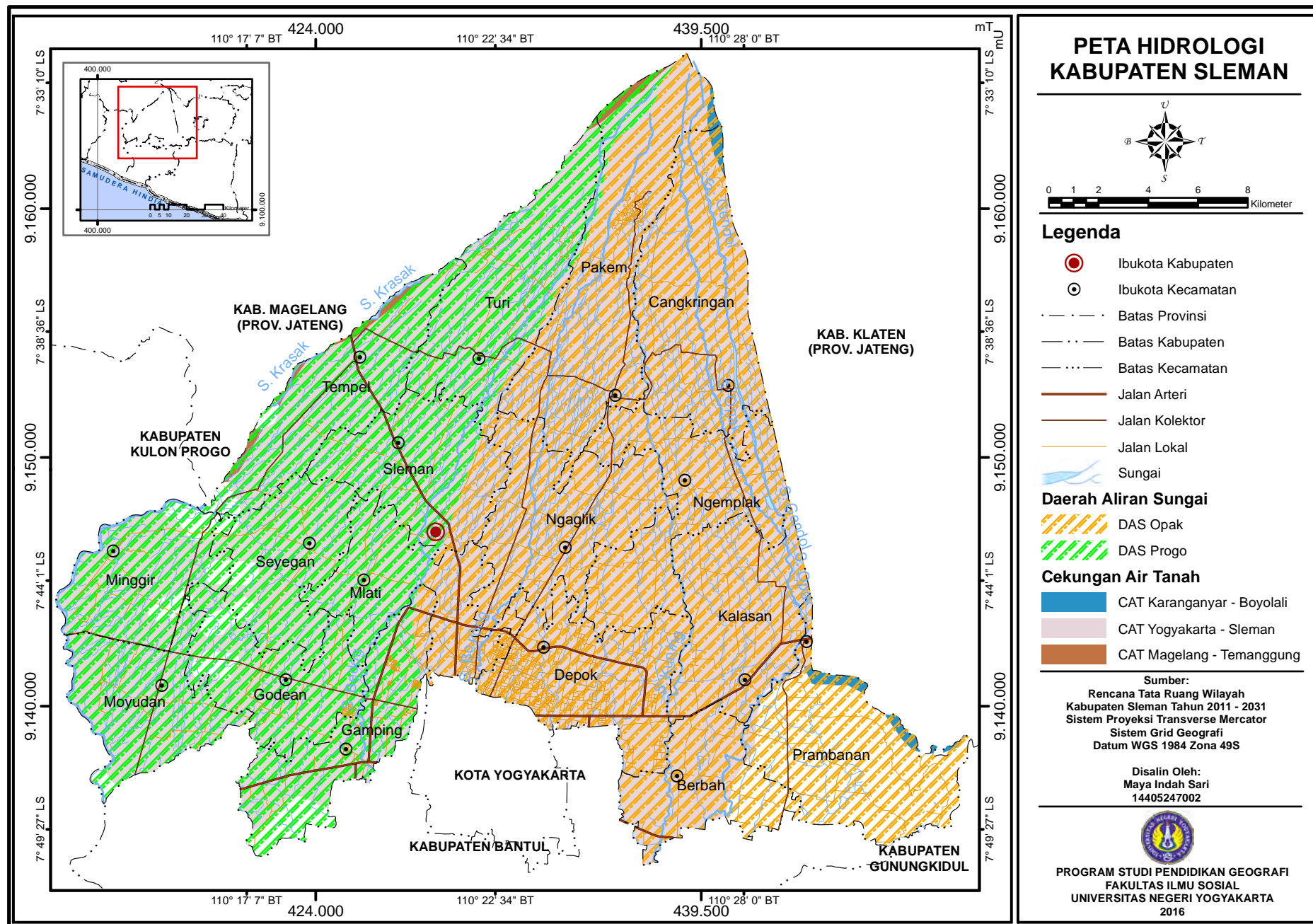
Terdapat 6 (enam) sungai utama di Kabupaten Sleman pada kedua sistem DAS. Sungai-sungai utama yang terdapat pada DAS Progo meliputi Sungai Krasak dan Sungai Bedog. Sungai-sungai utama yang terdapat pada DAS Opak meliputi Sungai Boyong, Sungai Kuning, dan Sungai Gendol. Data sungai utama di Kabupaten Sleman disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Sungai Utama di Kabupaten Sleman

Nama Sungai	Panjang (km)	Lebar Muka (m)	Lebar Dasar (m)	Kedalaman (m)	Debit Maks. (m ³ / detik)	Debit Min. (m ³ / detik)
Sungai Bedog	29,32	39	20	3	120	50
Sungai Boyong	21,43	28	60	7,5	128	50
Sungai Gendol	19,4	100	70	7,5	40	27
Sungai Krasak	22,14	29	18	7,5	405	7
Sungai Kuning	28,57	18	12	5	410	129
Sungai Opak	24,42	33	25	2	560	57

Sumber: Laporan Status Lingkungan Hidup, Pemda Sleman, 2014

Tabel 11 menunjukkan bahwa sungai-sungai utama di Kabupaten Sleman memiliki panjang, lebar, dan kedalaman sungai yang bervariasi. Debit maksimal sungai di Kabupaten Sleman terdapat di Sungai Opak, yaitu mencapai 560 m³/detik. Adapun debit minimal sungai di Kabupaten Sleman terdapat di Sungai Krasak, yaitu mencapai 7 m³/detik.



Gambar 18. Peta Hidrologi Cekungan Air Tanah Kabupaten Sleman

3) Karakteristik Sumberdaya Air

Air tanah Merapi yang mengalir di bawah permukaan secara rembesan bergerak menuju daerah yang lebih rendah terpotong oleh topografi, rekahan atau patahan maka akan muncul mata air. Terdapat 4 jalur mata air (springbelt) di Kabupaten Sleman yaitu: jalur mata air Bebeng, jalur mata air Sleman-Cangkringan, jalur mata air Ngaglik dan jalur mata air Yogyakarta. Mata air ini telah banyak dimanfaatkan untuk sumber air bersih maupun irigasi. Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumberdaya Mineral Daerah Istimewa Yogyakarta pada Tahun 2013 melaporkan terdapat 258 data sumur bor dan 814 data sumur gali di Cekungan Air Tanah Yogyakarta – Sleman.

Tingkat pemanfaatan air tanah di Kabupaten Sleman diketahui berdasarkan perbandingan jumlah pemanfaatan air tanah dan jumlah ketersediaan air tanah. Jumlah pemanfaatan air tanah yang lebih besar dari jumlah ketersediaannya, menyebabkan penurunan elevasi muka air tanah secara signifikan. Berdasarkan perbandingan antara pemanfaatan dan cadangan air tanah, maka tingkat pemanfaatan air tanah dapat dibagi menjadi 3 (tiga) tingkatan, yaitu :

- a) Rendah : perbandingan pemanfaatan dan cadangan air tanah $\leq 10 \%$
- b) Sedang : perbandingan pemanfaatan dan cadangan air tanah $> 10 \%$ - $\leq 20 \%$
- c) Tinggi : perbandingan pemanfaatan dan cadangan air tanah $> 20 \%$

Tabel 12. Tingkat Pemanfaatan Air Tanah di Kabupaten Sleman

No.	Kecamatan	Luas Wilayah (m ²)	Total Cadangan Dinamis (lt/thn)	Total Pemanfaatan Airtanah (lt/thn)	Ratio Pemanfaatan dan Cadangan (%)	Tingkat Pemanfaatan Airtanah
1	Moyudan	39.178.132,44	327.953.270.880,00	59.092.609.845,36	18,02%	Sedang
2	Minggir	33.018.592,06	344.506.832.640,00	59.273.701.318,00	17,21%	Sedang
3	Sayegan	26.705.273,74	108.397.431.360,00	14.320.598.320,73	13,21%	Sedang
4	Godean	26.764.404,85	27.450.353.719,61	4.017.908.330,54	14,64%	Sedang
5	Gamping	23.694.565,45	29.609.656.228,80	4.680.840.428,48	15,81%	Sedang
6	Mlati	28.277.655,28	223.198.878.240,00	19.298.942.188,50	14,25%	Sedang
7	Depok	33.960.466,54	230.440.174.560,00	38.861.277.353,21	16,86%	Sedang
8	Berbah	23.339.378,46	64.361.623.186,00	51.729.320.171,10	80,37%	Tinggi
9	Ngemplak	36.696.347,67	1.505.905.810.560,00	31.920.619.753,10	2,12%	Rendah
10	Turi	39.687.966,55	90.509.896.800,00	2.284.926.433,92	2,52%	Rendah
11	Cangkringan	43.259.703,63	243.755.619.840,00	14.712.620.706,29	6,04%	Rendah
12	Kalasan	36.223.901,53	645.680.363.040,00	19.983.591.762,16	3,09%	Rendah
13	Ngaglik	38.289.488,08	215.394.979.680,00	8.448.890.717,67	3,92%	Rendah
14	Pakem	51.384.863,56	43.169.630.400,00	8.636.223.998,09	20,01%	Sedang
15	Prambanan	15.415.466,32	69.491.152.800,00	14.878.193.784,44	21,41%	Tinggi
16	Sleman	31.148.717,08	81.025.129.440,00	21.409.084.954,40	26,42%	Tinggi
17	Tempel	33.559.736,44	124.628.695.200,00	18.221.907.051,66	14,62%	Sedang

Catatan :
Total Cadangan Dinamis = Jumlah Cadangan Dinamis Akuifer
Total Pemanfaatan Airtanah = Jumlah Pemanfaatan Airtanah untuk Rumah Tangga dan Non-Rumah Tangga
Ratio Pemanfaatan dan Cadangan = Prosentase Perbandingan antara Total Pemanfaatan Airtanah dan Total Cadangan Dinamis
Tingkat Pemanfaatan Airtanah didasarkan pada ratio antara Total Pemanfaatan Airtanah dan Total Cadangan Dinamis
Luas Wilayah, Total Cadangan dan Nilai Pemanfaatan merupakan nilai yang masuk di dalam CAT Yogyakarta – Sleman

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Energi Sumberdaya Mineral Daerah Istimewa Yogyakarta, 2013

Tabel 12 menunjukkan bahwa terdapat 5 (lima) kecamatan dengan tingkat pemanfaatan air tanah rendah di Kabupaten Sleman yaitu Kecamatan Ngemplak, Turi, Cangkringan, Kalasan, dan Ngaglik. Kecamatan tersebut memiliki cadangan dinamis beragam, yaitu berkisar antara 1.505.905.810.560 liter/tahun - 90.509.896.800 liter/tahun, dengan total pemanfaatan air tanah yang berkisar antara 31.920.619.753,10 liter/tahun - 2.284.926.433,92 liter/tahun. Rasio pemanfaatan dan cadangan air tanah berkisar antara 2% - 6% sehingga mempunyai kondisi air tanah pada kategori aman.

Kecamatan Moyudan, Minggir, Sayegan, Godean, Gamping, Mlati, Depok, Pakem, dan Kecamatan Tempel juga memiliki cadangan dinamis total yang cukup beragam, yaitu berkisar antara 344.506.832.640 liter/tahun - 27.450.353.719 liter/tahun. Kecamatan-kecamatan tersebut memiliki total pemanfaatan air tanah yang berkisar antara 59.273.701.318 liter/tahun - 4.017.908.330 liter/tahun. Diketahui bahwa rasio pemanfaatan dan cadangan air tanah berkisar antara 20% hingga 13%, sehingga dengan persentase tersebut, kecamatan-kecamatan di atas termasuk dalam tingkat pemanfaatan air tanah sedang, artinya daerah tersebut mempunyai kondisi air tanah pada kategori rawan.

Kecamatan Berbah, Sleman dan Kecamatan Prambanan juga memiliki cadangan dinamis total yang cukup beragam, yaitu berkisar antara 81.025.129.440 liter/tahun - 46.128.868.742 liter/tahun. Kecamatan-kecamatan tersebut memiliki total pemanfaatan air tanah yang berkisar antara 51.729.320.171 liter/tahun - 14.878.193.784,44 liter/tahun. Diketahui bahwa rasio pemanfaatan dan cadangan air tanah lebih dari 21,41%, sehingga dengan persentase tersebut, kecamatan-kecamatan di atas termasuk dalam tingkat pemanfaatan air tanah tinggi, artinya daerah tersebut mempunyai kondisi air tanah pada kategori kritis.

e. Kondisi Geologi

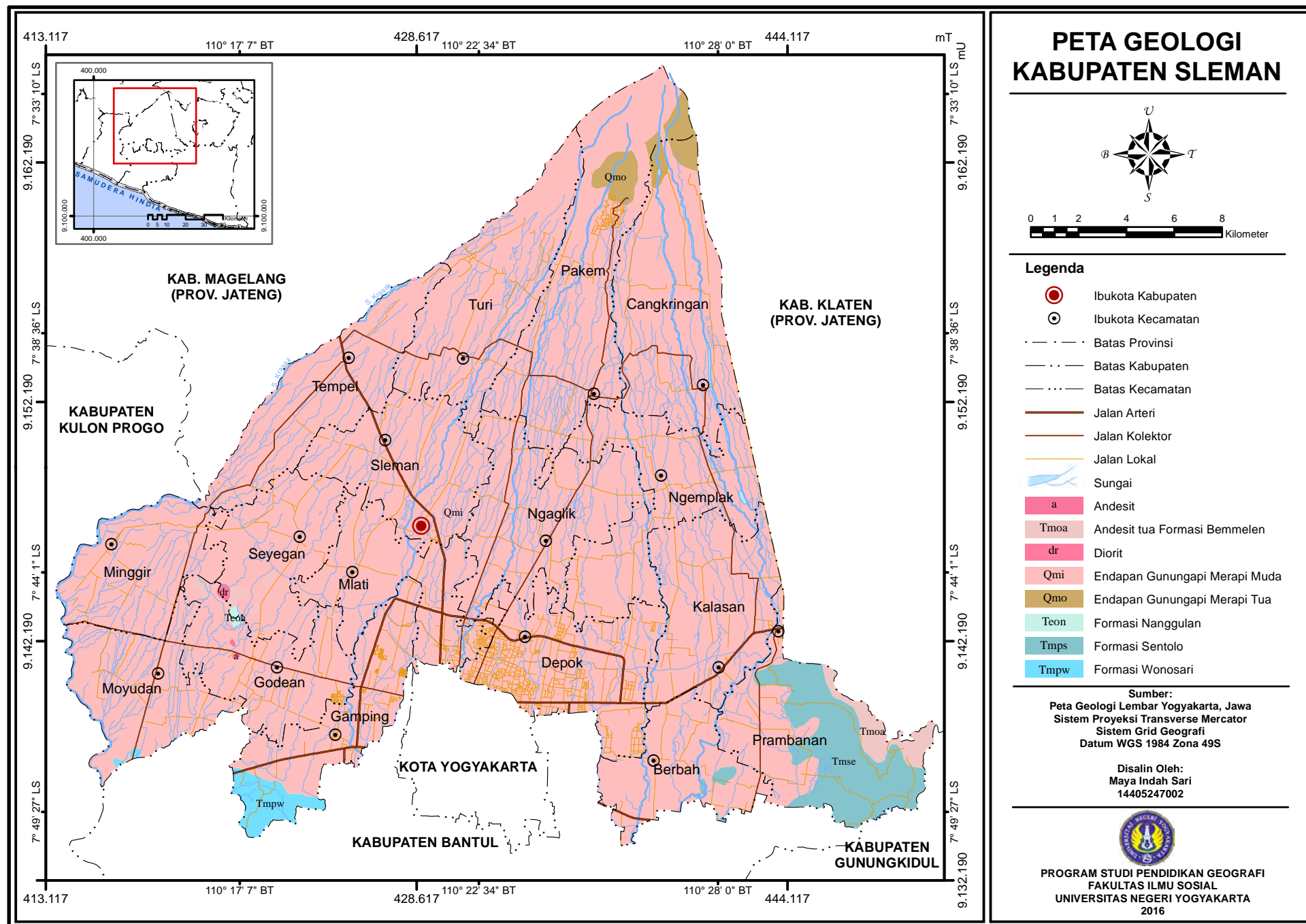
Kabupaten Sleman merupakan bagian dari Satuan Morfologi Kaki Gunungapi Tengah Merapi yang terdiri atas 7 (tujuh) batuan, yaitu Andesit, Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan, Diorit, Endapan Gunungapi Merapi Tua, Formasi Kebobutak, Formasi Nanggulan, Formasi Sentolo. Dataran fluvio-vulkanik meliputi sebagian besar wilayah Kabupaten Sleman, yang merupakan hasil proses pengendapan material vulkanik dari gunungapi Merapi. Kondisi geologi Kabupaten Sleman disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Luas Wilayah Kabupaten Sleman Berdasarkan Kondisi Geologi

No	Kondisi Geologi	Luas	
		Ha	%
1	Andesit	11,14	0,02
2	Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan	54162,40	94,22
3	Diorit	36,36	0,06
4	Endapan Gunungapi Merapi Tua	502,14	0,87
5	Formasi Andesit Tua	472,54	0,82
6	Formasi Nanggulan	40,77	0,07
7	Formasi Sentolo	1723,87	3,00
8	Formasi Wonosari	532,76	0,93
Jumlah		57482,00	100,00

Sumber: Direktorat Geologi Departemen Pertambangan RI, 1977

Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan meliputi sebagian besar wilayah Kabupaten Sleman, yaitu 94,22% dari luas kabupaten. Liputan tersebut terdapat di seluruh kecamatan di Kabupaten Sleman. Batuan dengan liputan terkecil di Kabupaten Sleman merupakan jenis Andesit, yaitu 0,02% dari luas kabupaten. Kecamatan Godean merupakan kecamatan yang memiliki kondisi geologi dari jenis batuan Andesit. Gambar 19 menampilkan Peta Geologi Kabupaten Sleman.



Gambar 19. Peta Geologi Kabupaten Sleman

f. Kondisi Tanah

Tabel 14. Luas Wilayah Kabupaten Sleman Berdasarkan Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Luas	
		Ha	%
1	Grumusol	2.938,67	5,11
2	Kambisol	5.672,62	9,87
3	Latosol	2.125,30	3,70
4	Mediterranean	187,82	0,33
5	Regosol	46.557,59	81,00
Jumlah		57.482,00	100,00

Sumber: Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman 2011 - 2031

Tabel 14 menunjukkan bahwa Kabupaten Sleman terdiri atas 5 jenis tanah, yaitu:

1) Grumusol

Tanah grumusol merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan batuan kapur dan tuffa vulkanik dengan kandungan organik rendah. Tanah grumusol meliputi 5,11% wilayah Kabupaten Sleman

2) Kambisol

Tanah kambisol merupakan tanah yang berkembang pada batuan kapur. Tanah kambisol meliputi 9,87% wilayah Kabupaten Sleman.

3) Latosol

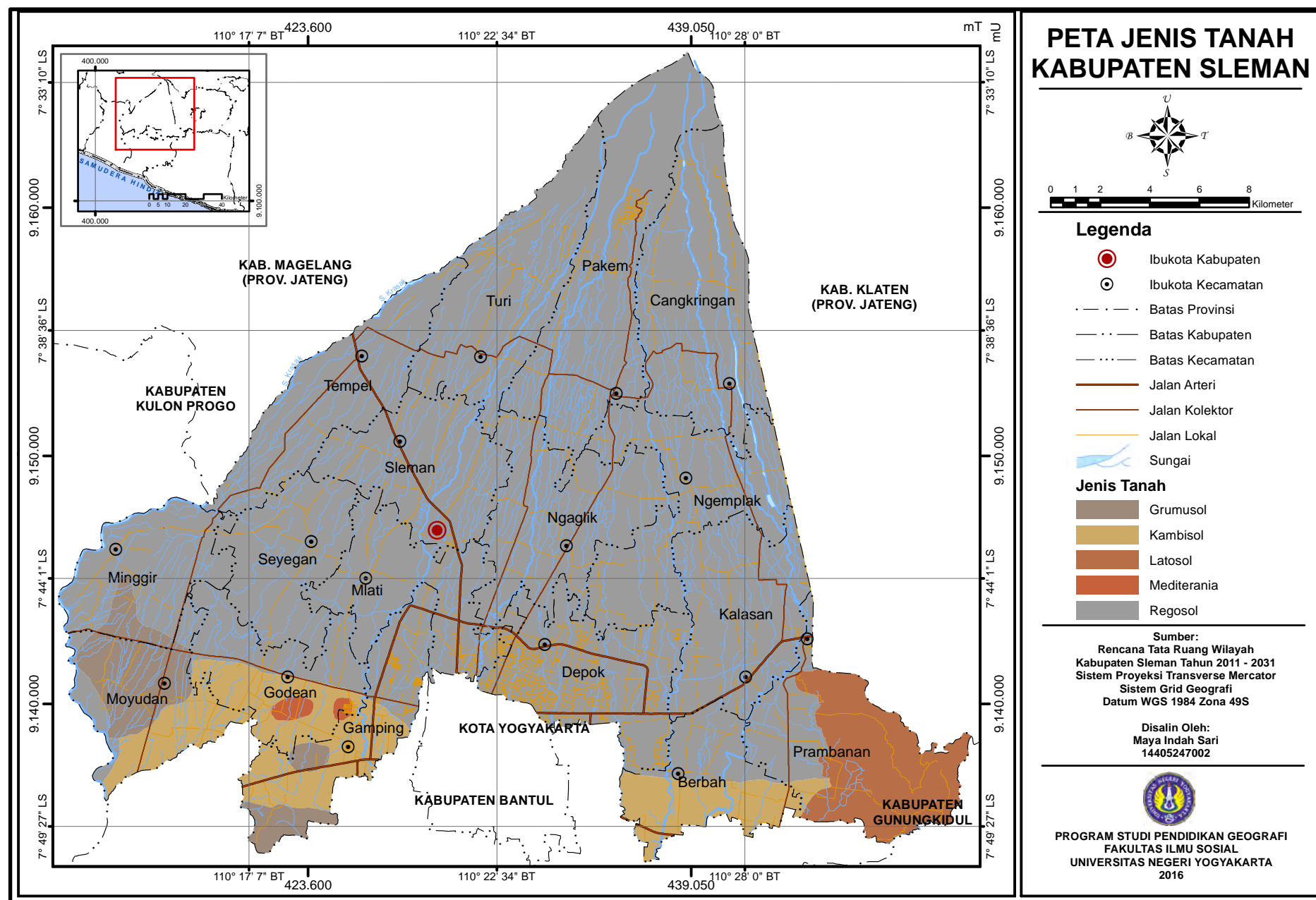
Tanah latosol merupakan tanah tua yang berasal dari material vulkanik. Tanah latosol meliputi 3,70% wilayah Kabupaten Sleman

4) Mediterranean

Tanah Mediterranean merupakan jenis tanah kapur yang subur jika dibandingkan tanah kapur lainnya. Tanah mediteranian meliputi sebagian kecil Kabupaten Sleman, yaitu 0,03% dari luas wilayah.

5) Regosol

Tanah regosol merupakan tanah muda yang berasal dari material vulkanik. Tanah regosol meliputi sebagian besar Kabupaten Sleman, yaitu 81,00% dari luas wilayah.



Gambar 20. Peta Jenis Tanah Kabupaten Sleman

g. Kondisi Penggunaan Lahan

Tabel 15. Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2010

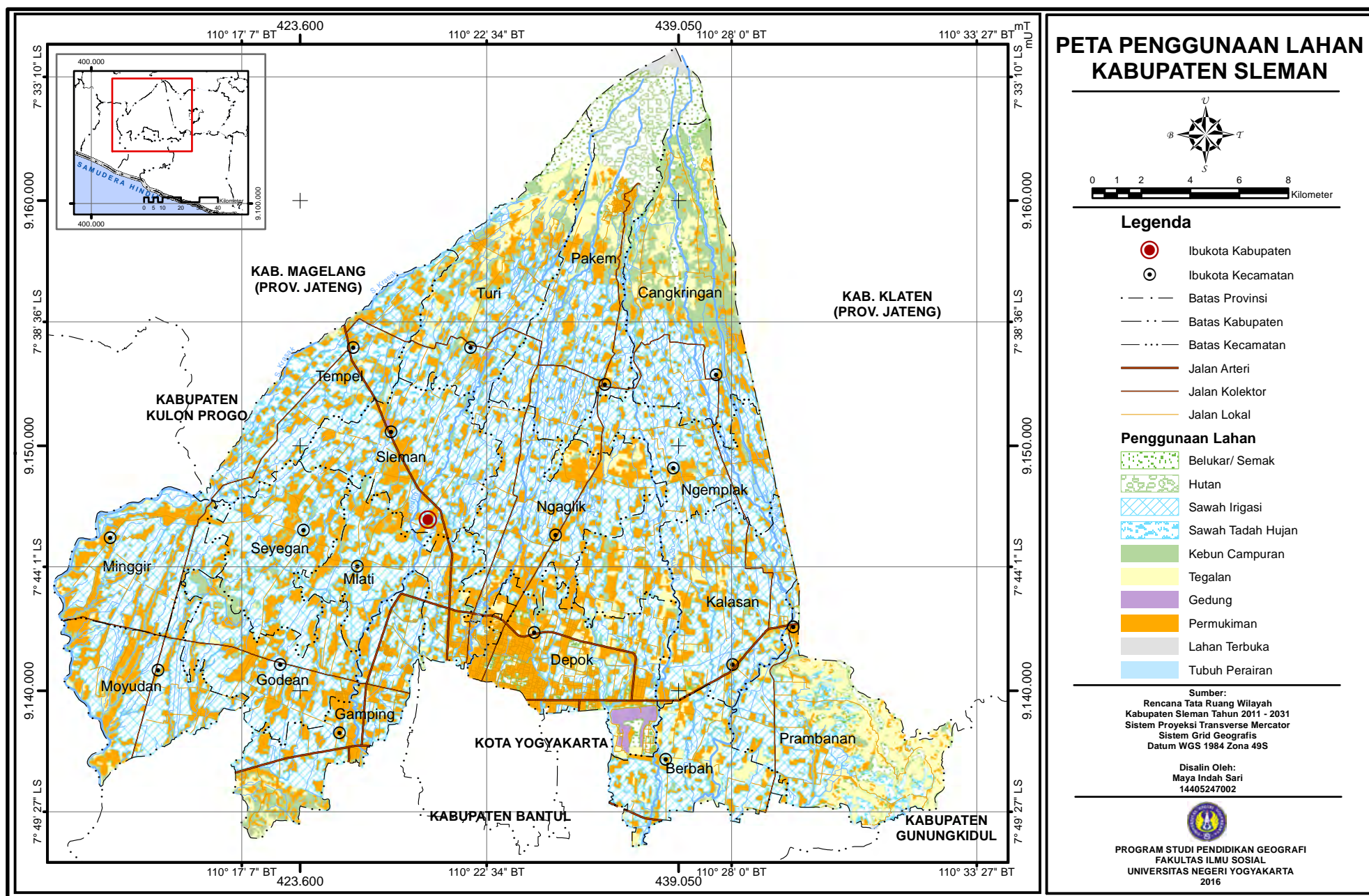
No	Kecamatan	Persentase Luas Penggunaan Lahan										Luas (Ha)
		Permukiman	Gedung	Sawah Irigasi	Sawah Tadah Hujan	Tegalan	Kebun Campuran	Hutan	Semak/ Belukar	Lahan Terbuka	Tubuh Perairan	
1	Berbah	22,00%	0,11%	57,30%	0,00%	12,65%	6,07%	0,00%	0,99%	0,32%	0,55%	2.925,00
2	Cangkringan	14,30%	0,02%	28,55%	0,00%	14,91%	17,27%	0,03%	10,27%	0,00%	0,39%	2.684,00
3	Depok	44,01%	5,47%	26,97%	0,00%	9,75%	2,39%	0,00%	9,47%	0,06%	0,03%	2.762,00
4	Gamping	35,44%	0,08%	45,14%	0,00%	5,12%	7,38%	0,00%	0,74%	0,00%	0,21%	2.727,00
5	Godean	34,02%	0,02%	57,56%	0,00%	0,98%	3,77%	0,00%	0,42%	0,00%	0,07%	2.663,00
6	Kalasan	28,24%	0,10%	60,78%	0,00%	5,29%	2,41%	0,00%	1,17%	0,00%	0,29%	2.852,00
7	Minggir	31,93%	0,01%	58,47%	0,11%	1,76%	4,21%	0,00%	0,10%	0,00%	1,81%	3.555,00
8	Mlati	40,16%	0,06%	49,11%	0,00%	2,76%	3,05%	0,00%	1,25%	0,00%	0,16%	2.299,00
9	Moyudan	31,12%	0,01%	53,53%	0,83%	3,29%	8,07%	0,00%	0,34%	0,00%	1,31%	4.135,00
10	Ngaglik	34,46%	0,05%	57,08%	0,00%	4,80%	2,33%	0,00%	0,40%	0,00%	0,00%	3.584,00
11	Ngemplak	26,75%	0,03%	63,06%	0,00%	4,87%	3,19%	0,00%	0,91%	0,00%	0,01%	3.571,00
12	Pakem	16,35%	0,01%	35,95%	0,02%	7,98%	5,74%	17,71%	12,59%	2,08%	0,00%	3.852,00
13	Prambanan	14,28%	0,06%	25,74%	9,42%	36,70%	2,87%	0,00%	8,72%	0,19%	0,41%	3.132,00
14	Seyegan	32,12%	0,01%	60,31%	0,00%	0,39%	4,43%	0,00%	0,48%	0,00%	0,00%	3.249,00
15	Sleman	30,89%	0,40%	61,15%	2,39%	0,37%	3,83%	0,00%	0,41%	0,00%	0,03%	4.309,00
16	Tempel	27,31%	0,10%	29,50%	28,94%	2,23%	9,17%	0,00%	0,22%	1,41%	0,04%	4.384,00
17	Turi	20,89%	0,21%	34,53%	3,63%	16,80%	16,28%	0,02%	7,27%	0,00%	0,02%	4.799,00
Jumlah		28,02%	0,35%	47,21%	3,27%	7,58%	8,52%	1,19%	3,26%	0,28%	0,32%	57.482,00

Sumber: Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman 2011 - 2031

Tabel 15 menunjukkan persentase luas penggunaan lahan di Kabupaten Sleman berdasarkan data RTRW Kabupaten Sleman tahun 2011 – 2031 (data lengkap luas penggunaan lahan pada Lampiran I). Penggunaan lahan di Kabupaten Sleman dikelompokkan dalam 10 kelas, yaitu Permukiman, Gedung, Sawah Irigasi, Sawah Tadah Hujan, Tegalan, Kebun Campuran, Hutan, Semak/ Belukar, Lahan Terbuka, dan Tubuh Perairan.

Penggunaan lahan Sawah Irigasi di Kabupaten Sleman secara umum meliputi sebagian besar wilayah Kabupaten Sleman, yaitu 47,21% dari luas kabupaten dan terdapat di seluruh kecamatan di Kabupaten Sleman. Penggunaan lahan dengan liputan terkecil di Kabupaten Sleman merupakan lahan terbuka, yaitu meliputi 0,28% dari luas kabupaten dan terdapat di Kecamatan Berbah, Kecamatan Depok, Kecamatan Pakem, Kecamatan Prambanan, dan Kecamatan Tempel.

Perbedaan variasi penggunaan lahan di Kabupaten Sleman terdapat di setiap kecamatan. Penggunaan lahan permukiman dan gedung di Kecamatan Depok memiliki liputan terluas, yaitu 44,01% dan 5,47% dari luas kecamatan. Penggunaan lahan sawah irigasi di Kecamatan Sleman memiliki liputan terluas, yaitu 61,15% dari luas kecamatan. Penggunaan lahan sawah tadah hujan di Kecamatan Tempel memiliki liputan terluas, yaitu 28,94% dari luas kecamatan. Penggunaan lahan tegalan di Kecamatan Prambanan memiliki liputan terluas, yaitu 36,70% dari luas kecamatan. Penggunaan lahan kebun campuran di Kecamatan Cangkringan memiliki liputan terluas, yaitu 17,27% dari luas kecamatan. Penggunaan lahan hutan dan semak/ belukar di Kecamatan Pakem memiliki liputan terluas, yaitu 17,71% dan 12,59% dari luas kecamatan. Lahan terbuka memiliki liputan terluas di Kecamatan Pakem yaitu 2,08% dari luas kecamatan, dan tubuh perairan di Kecamatan Berbah yaitu 0,55% dari luas kecamatan. Gambar 21 menampilkan Peta Penggunaan Lahan di Kabupaten Sleman tahun 2010.



Gambar 21. Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman

2. Kondisi Demografis

a. Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Data BPS Tahun 2015 menunjukkan bahwa Kabupaten Sleman memiliki jumlah penduduk sebesar 1.176.475 jiwa, dengan luas wilayah keseluruhan 574,82 km². Perbandingan jumlah penduduk dan luas wilayah Kabupaten Sleman menghasilkan kepadatan penduduk 36.376 jiwa/km², yang menunjukkan bahwa dalam luasan 1 km² terdapat 36.376 penduduk di Kabupaten Sleman. Data kepadatan penduduk untuk seluruh kecamatan di Kabupaten Sleman disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Kepadatan Penduduk Kabupaten Sleman Tahun 2015

Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
Moyudan	27,62	39.719	1.438
Minggir	27,27	28.954	1.062
Sayegan	26,63	46.869	1.760
Godean	26,84	70.754	2.636
Gamping	29,25	106.330	3635
Mlati	28,52	111.180	3.898
Depok	35,55	185.707	5.224
Berbah	22,99	56.831	2.472
Prambanan	41,35	48.419	1.171
Kalasan	35,84	84.150	2.348
Ngemplak	35,71	64.187	1.797
Ngaglik	38,52	115.321	2.994
Sleman	31,32	66.567	2.125
Tempel	32,49	50.628	1.558
Turi	43,09	34.189	793
Pakem	43,84	37.430	854
Cangkringan	47,99	29.240	609
Jumlah	574,82	1.176.475	2.047

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2016

Tabel 16 menunjukkan bahwa kepadatan penduduk terendah terdapat di Kecamatan Turi yaitu sejumlah 609 jiwa/km². Kecamatan Depok merupakan kecamatan dengan kepadatan penduduk tertinggi di Kabupaten Sleman, yaitu sejumlah 5.224 jiwa/km².

b. Komposisi Penduduk berdasarkan Jenjang Pendidikan

Tabel 17. Jenjang Pendidikan Penduduk di Kabupaten Sleman Tahun 2015

No	Kecamatan	Persentase Penduduk dengan Jenjang Pendidikan -										Jumlah Penduduk	
		Tidak Sekolah	Belum Tamat SD/ MI	Tamat SD/ MI	SMP/ MTs	SMA/ SMK/ MA	Diploma I/ II	Akademi/ Diploma III	Diploma IV/ Strata I	Strata II	Strata III	Jiwa	%
1	Berbah	19,35%	10,56%	15,76%	13,07%	27,98%	0,91%	2,97%	8,40%	0,88%	0,12%	96.304,00	9,05
2	Cangkringan	18,28%	10,80%	15,51%	12,89%	29,80%	0,92%	2,85%	8,03%	0,81%	0,11%	72.872,00	6,85
3	Depok	15,59%	10,60%	14,32%	10,83%	34,25%	1,67%	3,14%	9,08%	0,45%	0,05%	33.499,00	3,15
4	Gamping	17,84%	13,29%	15,64%	11,77%	29,60%	1,36%	2,85%	7,27%	0,35%	0,03%	34.051,00	3,20
5	Godean	18,32%	12,12%	17,69%	14,01%	30,24%	0,87%	2,07%	4,38%	0,28%	0,02%	50.361,00	4,73
6	Kalasan	18,08%	11,46%	13,25%	12,86%	29,69%	0,93%	3,11%	9,29%	1,19%	0,15%	94.727,00	8,90
7	Minggir	18,26%	8,50%	8,66%	10,00%	30,63%	1,36%	4,87%	15,08%	2,26%	0,38%	121.505,00	11,42
8	Mlati	16,08%	11,59%	14,70%	14,62%	32,68%	0,94%	2,59%	6,21%	0,54%	0,04%	51.879,00	4,88
9	Moyudan	21,74%	8,42%	16,63%	14,49%	32,97%	0,35%	1,59%	3,57%	0,22%	0,02%	53.265,00	5,01
10	Ngaglik	17,46%	11,33%	12,71%	14,41%	30,47%	0,96%	3,30%	8,25%	0,98%	0,14%	78.313,00	7,36
11	Ngemplak	18,15%	10,90%	11,58%	11,91%	32,27%	0,76%	3,26%	9,60%	1,32%	0,26%	59.020,00	5,55
12	Pakem	18,45%	9,64%	11,01%	11,03%	29,81%	0,93%	4,04%	12,79%	1,86%	0,44%	94.712,00	8,90
13	Prambanan	18,17%	10,91%	14,07%	14,35%	31,46%	0,93%	2,82%	6,72%	0,52%	0,06%	67.666,00	6,36
14	Seyegan	19,30%	12,13%	15,61%	15,78%	29,55%	0,96%	2,01%	4,40%	0,26%	0,01%	52.520,00	4,94
15	Sleman	18,33%	10,80%	15,96%	14,18%	32,22%	0,96%	2,07%	5,25%	0,21%	0,02%	36.236,00	3,41
16	Tempel	17,49%	11,06%	14,18%	12,64%	32,64%	1,12%	3,27%	7,12%	0,43%	0,04%	36.253,00	3,41
17	Turi	16,99%	11,17%	20,23%	14,41%	30,28%	0,88%	1,61%	4,17%	0,25%	0,01%	30.801,00	2,89
Jumlah		18,25%	10,67%	13,83%	12,90%	30,65%	0,98%	3,08%	8,53%	0,96%	0,15%	1.063.984,00	100

Sumber:Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia, 2015

Tabel 17 menunjukkan bahwa Ditjen Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kemendagri mendata 1.063.984 jiwa penduduk Kabupaten Sleman berdasarkan jenjang pendidikan pada periode 2015. Jenjang pendidikan tersebut terbagi atas kelompok penduduk Tidak Sekolah, Tidak Tamat SD/ MI, Tamat SD/ MI, SMP/ MTs, SMA/ SMK/ MA, Diploma I/II, Akademi/ Diploma III, Diploma IV/ Strata I, Strata II, dan Strata III.

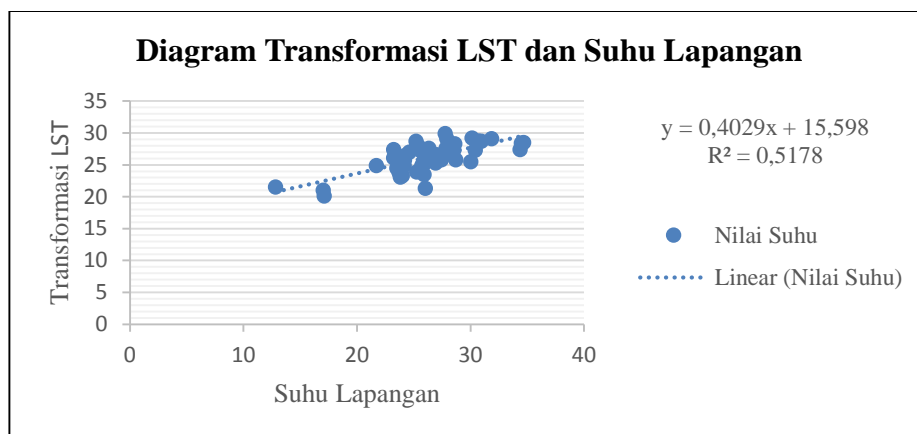
Jenjang pendidikan sebagian besar penduduk Kabupaten Sleman adalah SMA/ SMK/ MA, yaitu sejumlah 30,65% dari jumlah penduduk kabupaten, dengan rentang persentase 27,98 – 34,25% dari jumlah penduduk di setiap kecamatan. Penduduk yang tidak bersekolah di Kabupaten Sleman berada pada persentase 18,25% dari jumlah penduduk kabupaten, dengan persentase tertinggi terdapat di Kecamatan Moyudan yaitu sejumlah 21,74% dari jumlah penduduk kecamatan. Persentase terendah dari penduduk Kabupaten Sleman berada pada jenjang pendidikan Strata III, atau 0,15% dari jumlah penduduk kabupaten, yang terdapat di setiap kecamatan dengan persentase terbanyak di Kecamatan Pakem yaitu 0,44% dari jumlah penduduk kecamatan.

B. Pembahasan

1. Uji Akurasi Suhu Permukaan Lahan

Nilai suhu permukaan lahan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil transformasi citra Satelit Landsat 8 TIRS untuk kemudian dibandingkan dengan nilai indeks vegetasi NDVI hasil transformasi citra Satelit Landsat 8 OLI. Pengujian data dilakukan sebelum melakukan analisis data variasi *spatio-temporal* dari kedua hasil transformasi citra.

Pengujian data suhu dilakukan dengan meninjau perbandingan suhu permukaan lahan dalam pembagian kelas suhu permukaan lahan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara data sampel suhu di lapangan dan hasil transformasi suhu permukaan lahan pada citra. Gambar 22 menampilkan diagram regresi data suhu permukaan lahan.



Gambar 22. Diagram regresi hasil transformasi LST pada citra Landsat 8 TIRS 2015 dan suhu lapangan (Sumber: Pengolahan data, 2016).

Gambar 22 menampilkan suatu diagram yang menunjukkan adanya hubungan antara suhu permukaan lahan di lapangan dengan hasil transformasi transformasi LST pada citra. Hubungan ini didukung oleh nilai regresi sebesar 0,5178. Nilai regresi yang berada di antara nilai 0 dan nilai 1 menunjukkan adanya hubungan positif yang memadai. Nilai tersebut menunjukkan bahwa data suhu permukaan yang diperoleh dari citra satelit memiliki kesinambungan dengan data di lapangan.

Pengujian data yang dilakukan selanjutnya adalah uji akurasi menggunakan metode *Error matrix*. Uji akurasi dilakukan dengan menyesuaikan kelas sampel suhu permukaan lahan hasil transformasi LST terhadap kelas sampel suhu lahan di lapangan. Tabel 18 menampilkan *Error matrix* untuk uji akurasi data hasil transformasi LST pada citra.

Tabel 18. *Error Matrix* Suhu Permukaan Citra dan Lapangan

Kelas Referensi	Dikelaskan ke					Total	Akurasi Pembuat
	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi		
Sangat Rendah	0	1	0	0	0	1	-
Rendah	0	2	1	0	0	3	66,6667
Sedang	0	0	31	3	0	34	91,1765
Tinggi	0	0	5	8	0	13	61,5385
Sangat Tinggi	0	0	0	0	0	0	-
Total	0	3	37	11	0	51	-
Akurasi Pengguna	0	66,6667	83,7838	72,7273	0		
Akurasi Keseluruhan = 80,3921569							
Akurasi Kappa = 57,1788413							

Sumber: Data primer lapangan, 2016

Hasil uji akurasi pada Tabel 18 menunjukkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 80,392%, serta nilai akurasi *kappa* sebesar 57,179%. Kedua nilai akurasi yang diperoleh menunjukkan akurasi yang memadai antara data di citra dengan data di lapangan. Diperolehnya nilai akurasi yang memadai diikuti dengan tahap analisis data lebih lanjut.

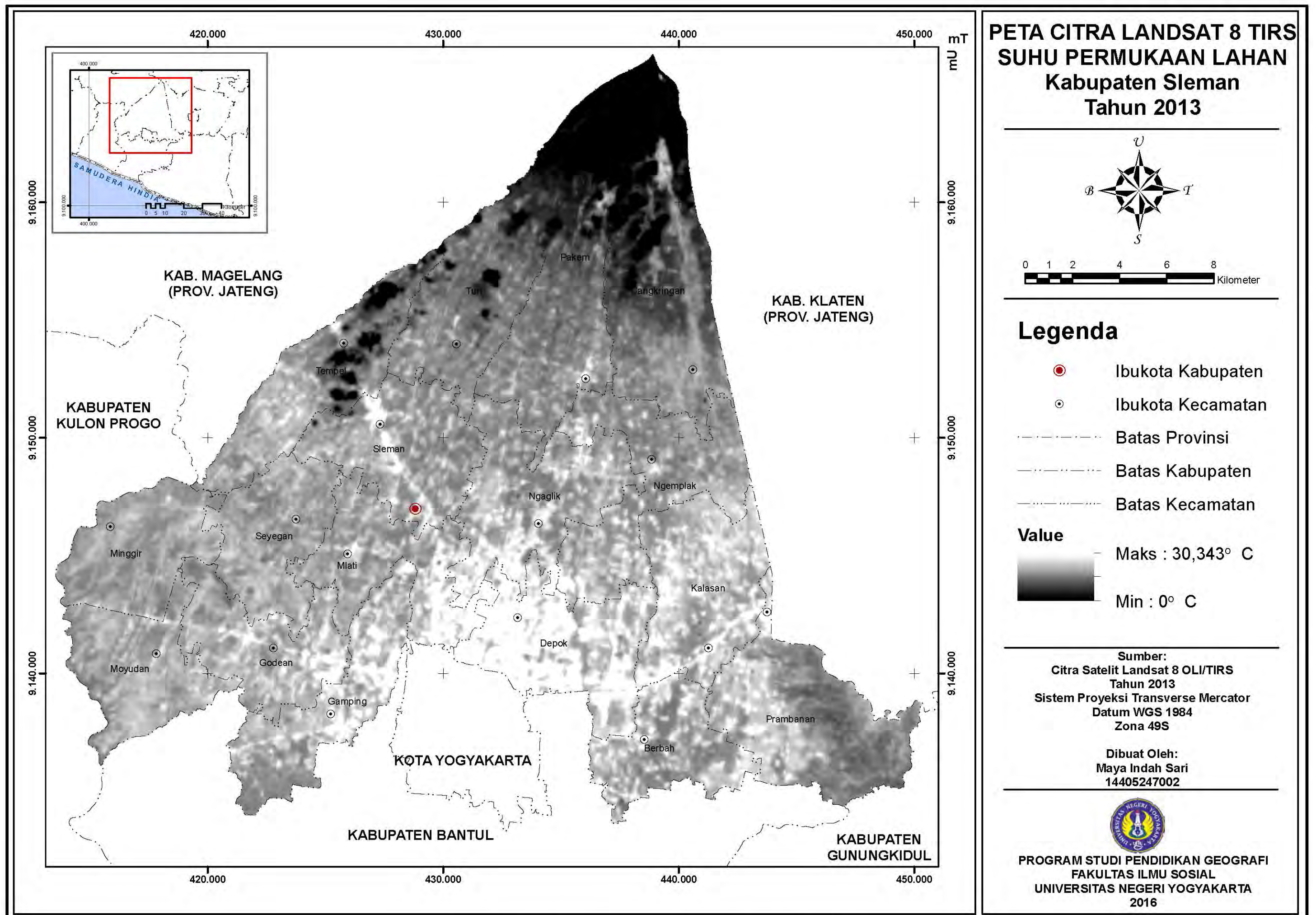
2. Transformasi LST dan NDVI Citra Landsat 8 OLI/TIRS

Perolehan informasi suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi dalam penelitian ini melewati tahapan transformasi citra Landsat 8 OLI/TIRS yang menghasilkan citra dengan nilai piksel berupa nilai suhu permukaan dan indeks vegetasi. Citra hasil transformasi LST dan NDVI memberikan kenampakan visual dengan rona keabuan yang menyesuaikan rentang nilai piksel yang dimiliki oleh citra.

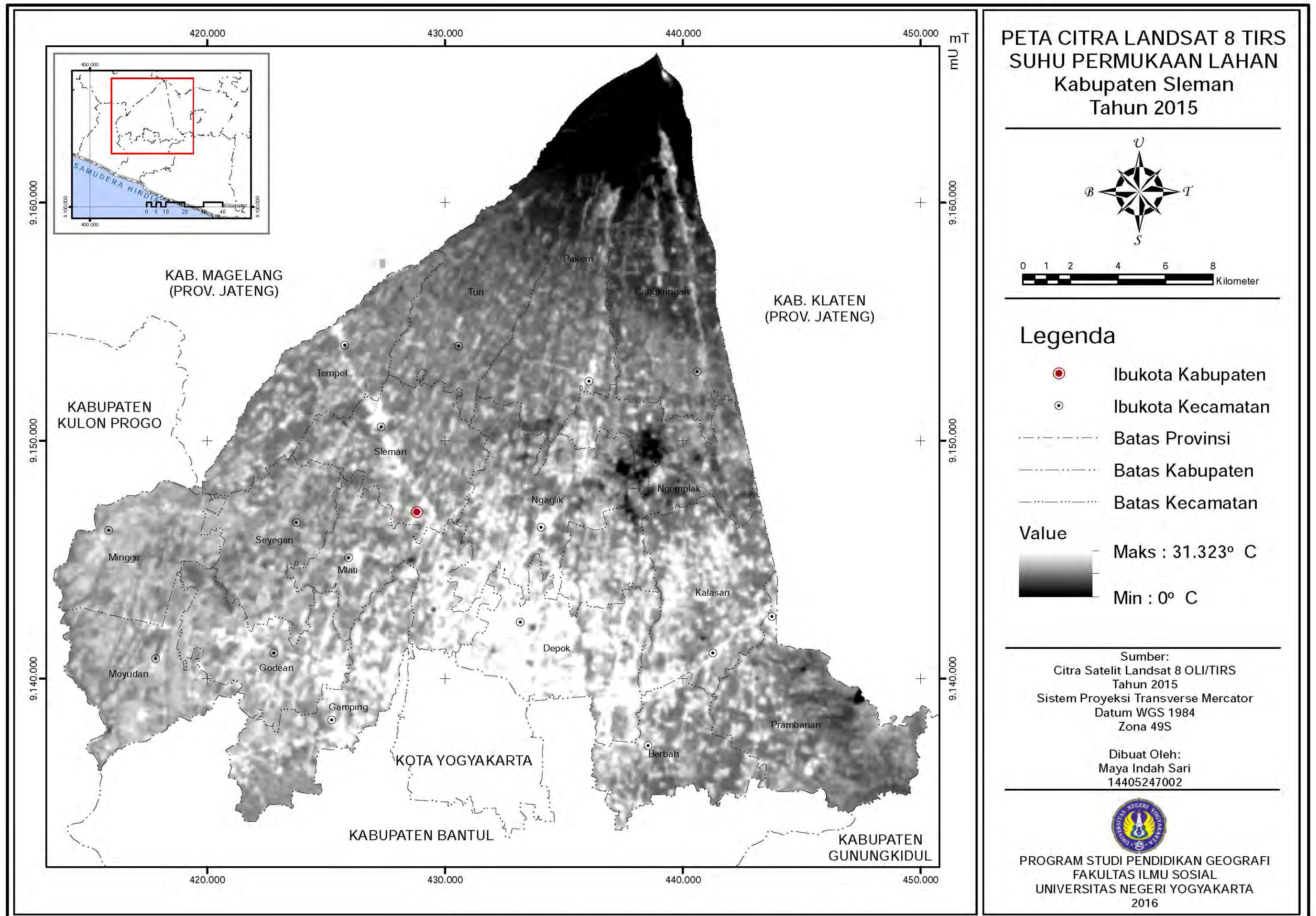
Peta Citra Suhu Permukaan Lahan Tahun 2013 memberikan rona keabuan sangat terang pada bagian selatan Kabupaten Sleman yang berbatasan dengan Kota Yogyakarta, dan rona kecerahan yang juga terang ke arah timur. Rona kecerahan tersebut meliputi Kecamatan Depok, serta

sebagian kecil Kecamatan Ngaglik dan Kecamatan Kalasan. Rona kecerahan di sisi barat Kabupaten Sleman terlihat semakin berkurang, dan di sisi utara Kabupaten Sleman terlihat semakin gelap. Rona yang sangat terang pada citra terlihat membentuk pola yang mengikuti ruas jalan di Kabupaten Sleman, yang menunjukkan adanya peningkatan suhu yang sangat tinggi di sekitar ruas jalan. Rona kecerahan ini memiliki nilai maksimum $30,343^{\circ}$ C. Sementara terdapat pula rona yang sangat gelap dengan nilai mencapai 0° C, yang membentuk pola bergelombol seperti awan. Pola ini banyak ditemui di wilayah perbatasan utara dan barat laut dari Kabupaten Sleman. Pola awan ini akan dieliminasi dengan proses pemotongan citra.

Citra Tahun 2015 menghasilkan peta citra dengan rona keabuan yang secara visual memberikan penampakan persebaran rona kecerahan yang semakin meningkat. Hal ini menunjukkan peningkatan suhu permukaan lahan pada wilayah Kabupaten Sleman yang sebelumnya masih memiliki rona yang agak gelap di Tahun 2013. Rona kecerahan ini memiliki nilai maksimum $31,323^{\circ}$ C. Citra ini juga menghasilkan nilai mencapai 0° C yang dapat ditemui perbatasan utara Kabupaten Sleman dengan rona gelap yang membentuk pola bergerombol seperti awan. Gambar 23 dan 24 menampilkan peta citra hasil transformasi suhu permukaan lahan tahun 2013 dan 2015.



Gambar 23. Peta Citra Transformasi LST Kabupaten Sleman Tahun 2013

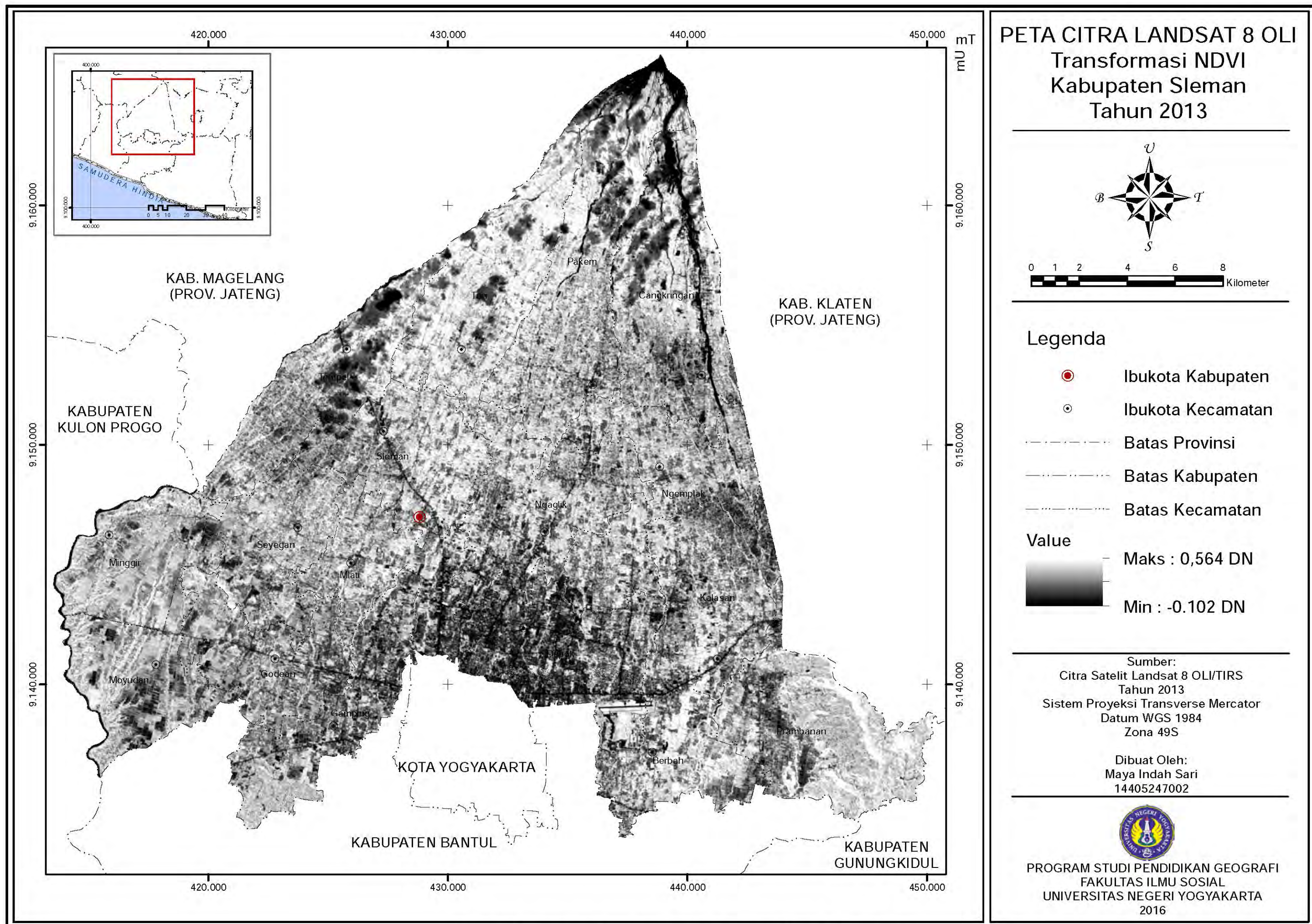


Gambar 24. Peta Citra Transformasi LST Kabupaten Sleman Tahun 2015

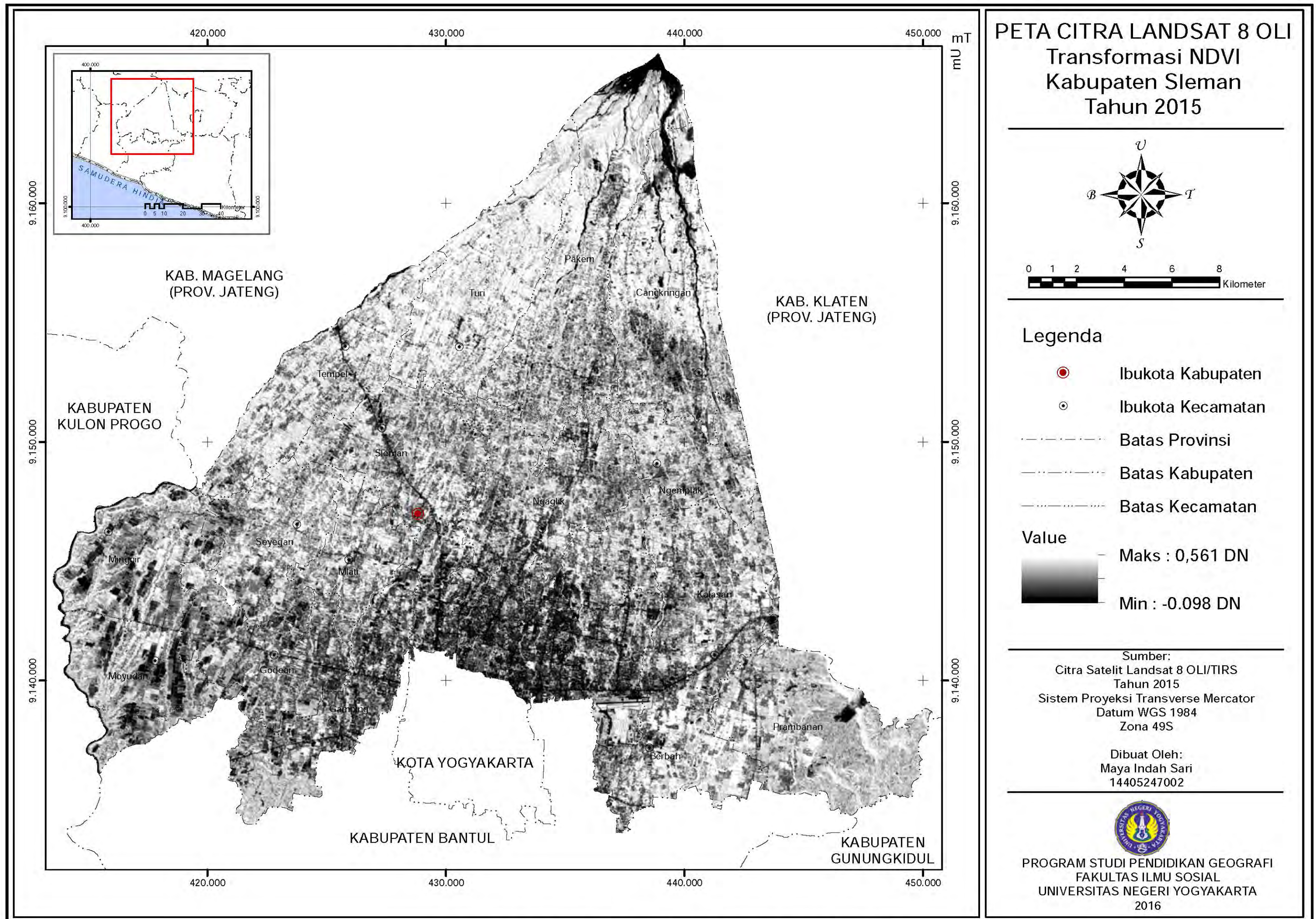
Kerapatan vegetasi disajikan secara visual pada Peta Citra Transformasi NDVI. Rona yang ditampilkan menunjukkan rona yang semakin gelap untuk nilai piksel rendah, dan semakin cerah untuk nilai piksel yang tinggi. Perbedaan yang dapat ditemukan pada penyajian peta NDVI dan suhu permukaan lahan adalah tidak adanya rona yang sangat terang pada peta citra NDVI. Hal ini dikarenakan nilai maksimum piksel citra berkisar pada 0,564 pada tahun 2013, atau menunjukkan kerapatan vegetasi sedang. Wilayah yang memiliki rona sangat terang pada peta citra suhu permukaan tampak cukup gelap pada peta citra NDVI, yang mana menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi di wilayah tersebut cukup rendah. Terdapat kesamaan hasil antara peta citra transformasi NDVI dan LST tahun 2013, di mana terdapat rona gelap yang bergerombol menyerupai awan.

Kenampakan yang lebih gelap terdapat pada peta citra transformasi NDVI tahun 2015. Kenampakan visual ini memberikan kesimpulan sederhana adanya peningkatan luasan area yang memiliki tingkat kerapatan vegetasi sangat rendah. Rona yang gelap tidak hanya terdapat di wilayah perbatasan antara Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta, namun melebar ke barat pada Kecamatan Godean serta ke utara pada Kecamatan Ngemplak. Nilai maksimum piksel citra berkisar pada 0,561 pada tahun 2015. Akan tetapi untuk nilai minimum pada citra tahun 2015 adalah -0,098, yang mana lebih tinggi dibandingkan pada citra tahun 2013 yang memiliki nilai mencapai -0,102. Hal ini disebabkan oleh tutupan awan pada citra.

Gambar 25 dan 26 menampilkan peta citra hasil transformasi NDVI wilayah Kabupaten Sleman tahun 2013 dan 2015. Terdapat kesamaan pola spasial yang cukup mendekati antara rona terang pada peta citra suhu permukaan lahan dengan rona gelap pada peta citra NDVI. Wilayah dengan rona terang pada peta citra LST cenderung didapati memiliki rona gelap pada peta citra NDVI. Wilayah dengan rona gelap pada peta citra LST cenderung didapati memiliki rona terang pada citra NDVI. Hal ini menunjukkan bahwa nilai NDVI yang tinggi cenderung disertai dengan nilai suhu permukaan lahan yang rendah, dan sebaliknya.



Gambar 25. Peta Citra Transformasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2013



Gambar 26. Peta Citra Transformasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2015

3. Variasi *Spatio-Temporal* Pulau Panas

Transformasi LST pada citra satelit Landsat 8 TIRS memberikan informasi suhu permukaan lahan yang bervariasi di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 dan 2015. Rentang nilai suhu yang diperoleh dari citra berada pada rentang suhu sangat rendah ($< 17^{\circ}\text{C}$), rendah ($17 - 22^{\circ}\text{C}$), sedang ($23 - 28^{\circ}\text{C}$), dan tinggi ($29 - 34^{\circ}\text{C}$). Rentang nilai suhu sangat tinggi ($> 34^{\circ}\text{C}$) tidak ditemukan dari hasil transformasi LST citra Landsat 8 TIRS pada cakupan wilayah Kabupaten Sleman. Uji-t dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan suhu permukaan lahan hasil transformasi LST pada citra satelit Landsat 8 TIRS tahun perekaman 2013 dan 2015. Tahap yang harus dilakukan sebelum melakukan uji-t adalah uji normalitas data. Tabel 19 menampilkan uji normalitas data.

Tabel 19. *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test LST*

		lst13	lst15
N		501357	501357
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	24,41467371	25,04378089
	Std. Deviation	1,572196242	1,924470007
Most Extreme Differences	Absolute	,088	,059
	Positive	,043	,025
	Negative	-,088	-,059
Test Statistic		,088	,059
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c	,000 ^c

Sumber: Pengolahan data, 2016

Pembacaan tabel berdasarkan nilai *Z test statistic* berada pada nilai 0,088 pada tahun 2013 dan 0,059 pada tahun 2015. Nilai ini lebih kecil dari Z-tabel yang bernilai 0,8389 untuk tahun 2013 dan 0,7454 pada tahun 2015, sehingga mengindikasikan bahwa data terdistribusi normal dan dapat dilanjutkan dengan uji-t. Tabel 20 menampilkan hasil uji-t dari data.

Tabel 20. *Paired Sample Test LST*

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 lst13 - lst15	-,629107179	,842802942	,001190289	-,631440107	-,62677	-528,533	501356	,000

Sumber: Pengolahan data, 2016

Hasil uji-t menunjukkan level signifikansi (*Sig. (2-tailed)*) kurang dari 0,05 atau dengan kata lain perubahan suhu permukaan lahan hasil transformasi LST pada citra satelit Landsat 8 TIRS terjadi secara signifikan dalam rentang tahun 2013 – 2015. Analisis statistik deskriptif dilakukan menggunakan seluruh piksel citra untuk mengetahui dengan lebih detail mengenai variasi *spatio-temporal* suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan 2015.

Tabel 21. Variasi Temporal Hasil Transformasi LST Tahun 2013 dan 2015

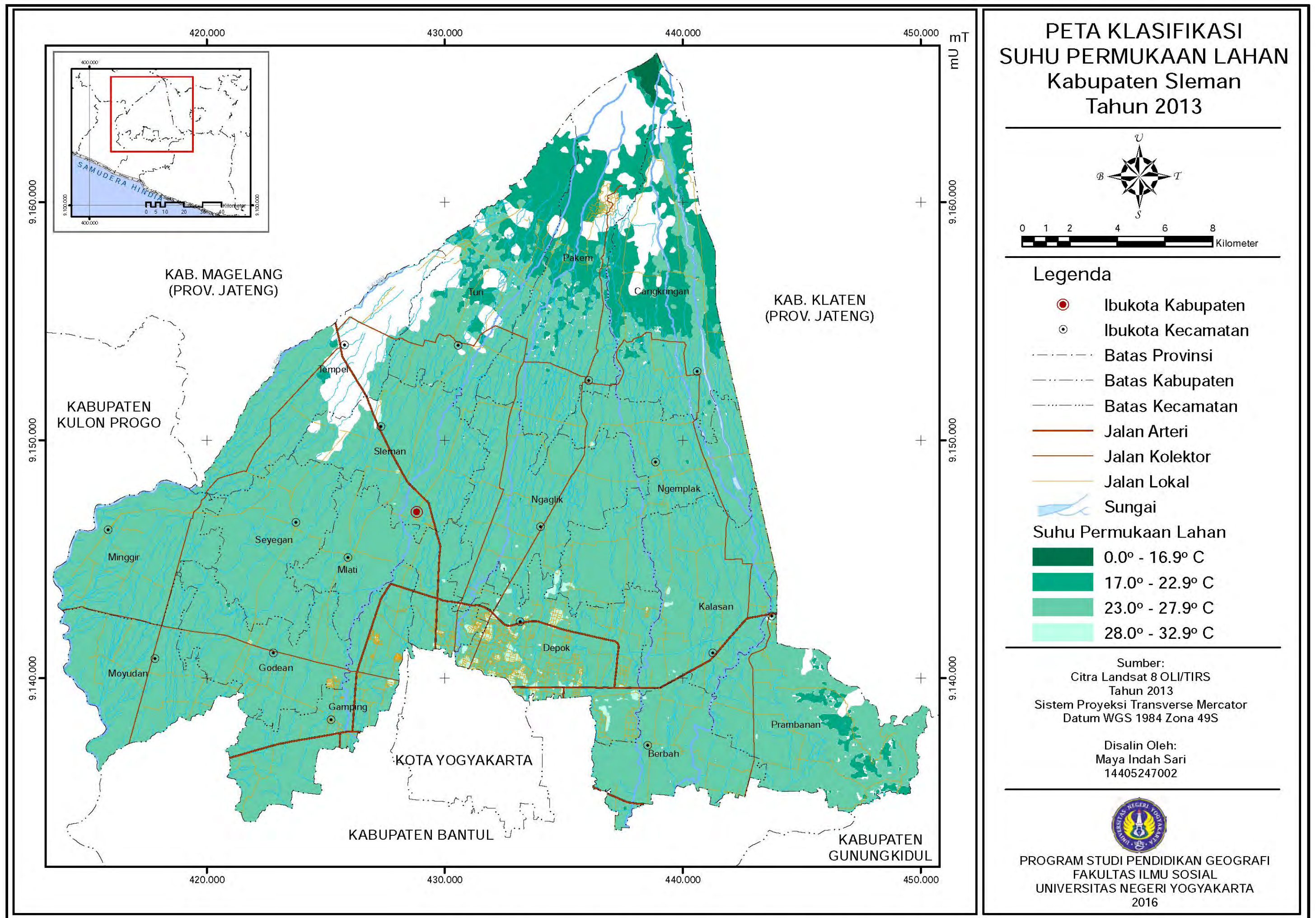
Tahun	Suhu Permukaan Lahan (°Celsius)	Rentang Nilai			Jumlah Piksel	Luas (Ha)	
		Min	Mean	Max		Ha	%
2013		10,52	24,4	31,06	589828	52462,45	100
	< 17	10,52	16,99	16,99	1483	171,458	0,33
	17 - 22	17	20,73	21,99	28591	4729,786	9,02
	23 - 28	22	24,58	27,99	555902	47215,869	89,99
	29 - 34	28	28,39	31,06	3852	345,337	0,66
	> 34	0	0	0	0	0	0
2015		12,55	25,04	32,11	589828	52462,45	100
	< 17	12,55	15,59	16,99	1632	672,241	1,28
	17 - 22	17	21,58	22,99	49732	5698,149	10,86
	23 - 28	23	25,19	27,99	508734	43426,725	82,78
	29 - 34	28	28,71	32,11	29730	2665,335	5,08
	> 34	0	0	0	0	0	0

Sumber: Pengolahan data, 2016

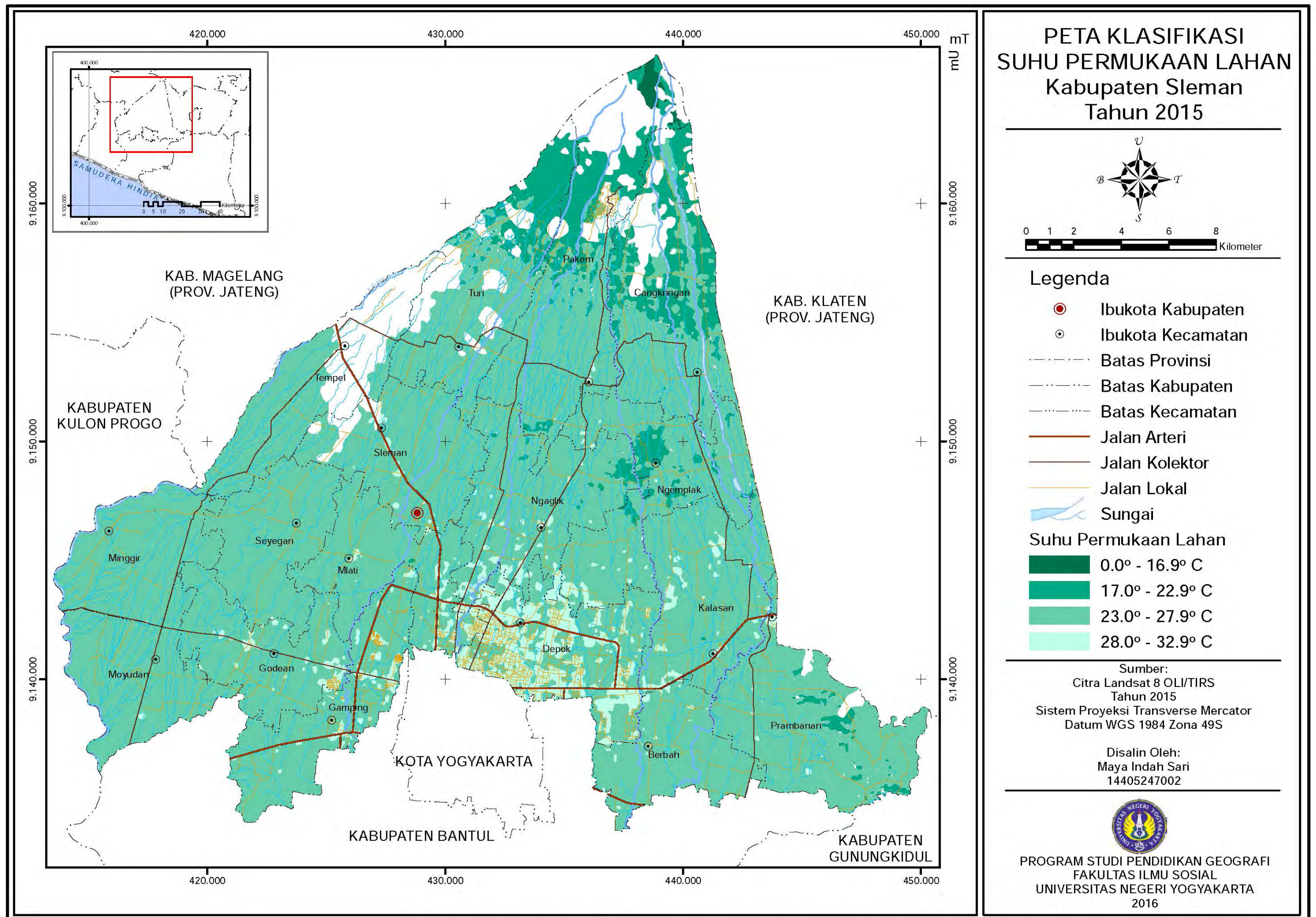
Tabel 21 menunjukkan peningkatan suhu permukaan lahan dari tahun 2013 hingga tahun 2015. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara suhu minimum, rerata, dan maksimum di tahun perekaman citra yang berbeda. Suhu minimum keseluruhan pada hasil transformasi citra satelit Landsat 8 TIRS tahun 2013 berada pada nilai 10,52° C. Suhu minimum ini lebih rendah 2,03° C apabila dibandingkan dengan suhu minimum keseluruhan pada citra tahun 2015 yang berada pada nilai 12,55° C. Demikian pula pada citra satelit Landsat 8 TIRS tahun 2015 didapati suhu maksimum 32,11° C, yang memberikan nilai 1,05° C lebih tinggi dibandingkan suhu maksimum pada citra tahun 2013 dengan nilai 31,06° C.

Nilai suhu tertinggi yang ditunjukkan oleh citra satelit Landsat 8 TIRS tahun perekaman 2013 dan 2015 di Kabupaten Sleman adalah berada pada rentang $29 - 34^{\circ}$. Rentang suhu tersebut diindikasikan sebagai bentukan pulau panas karena memiliki derajat suhu lebih tinggi dari suhu rerata di Kabupaten Sleman pada tahun penelitian. Luas wilayah pada rentang suhu ini mengalami perluasan 4,42% dari luas wilayah Kabupaten Sleman.

Persebaran spasial suhu permukaan lahan di peta dapat dilihat pada Gambar 27 dan 28 yang menunjukkan bahwa persebaran rentang suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman semakin tinggi ke arah selatan dan semakin rendah ke arah utara Kabupaten Sleman. Sebagian suhu permukaan lahan pada kedua tahun perekaman berada pada kelas Sedang ($23 - 27,9^{\circ}\text{C}$). Peta suhu permukaan lahan tahun 2013 menunjukkan kelas suhu Tinggi ($28 - 34^{\circ}\text{C}$) yang lebih sedikit dibandingkan tahun 2015.

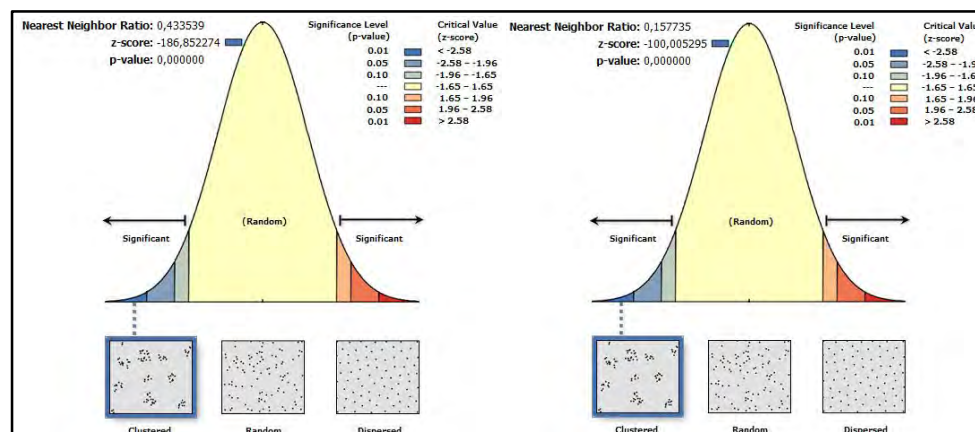


Gambar 27. Peta Klasifikasi Suhu Permukaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2013



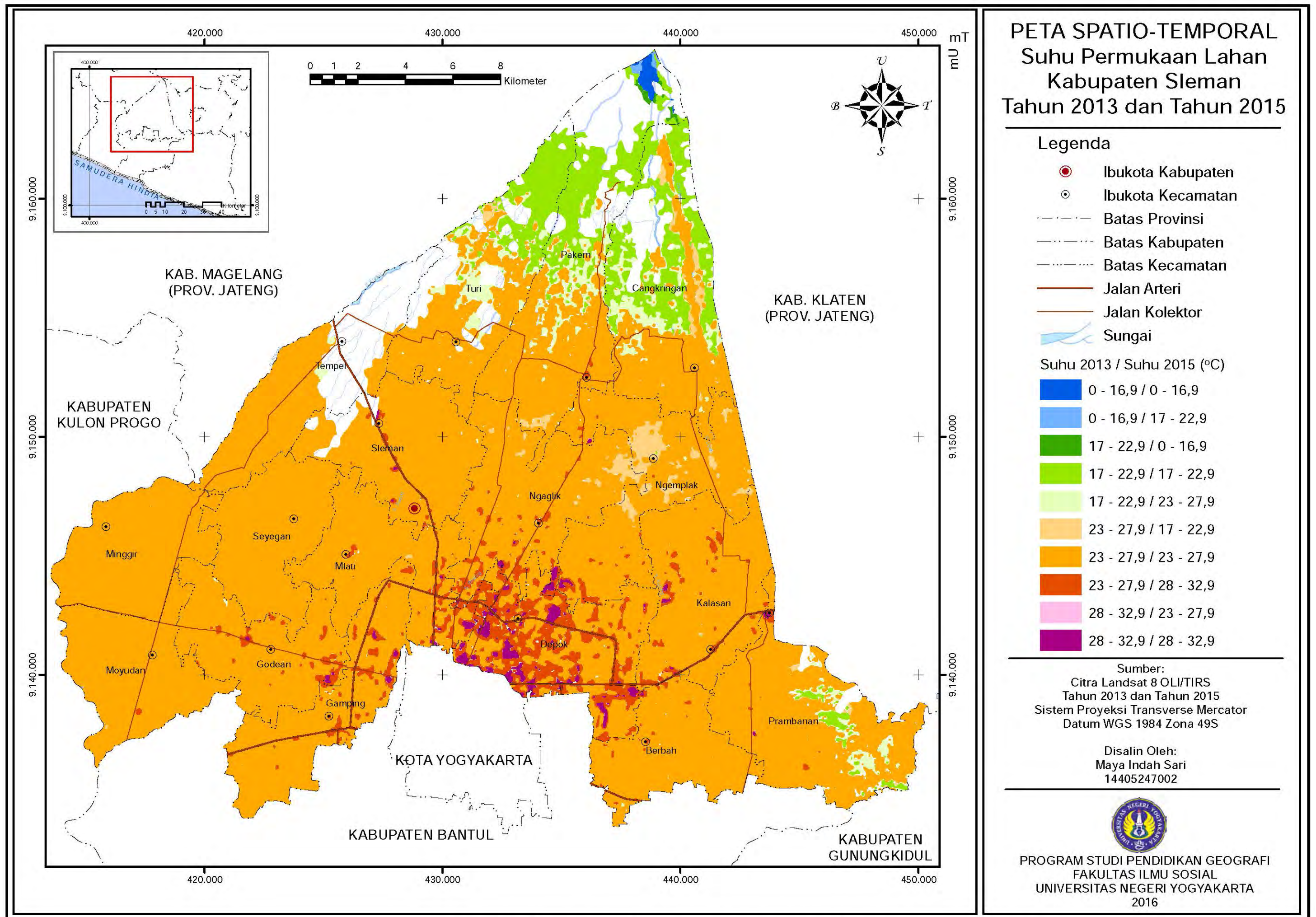
Gambar 28. Peta Klasifikasi Suhu Permukaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2015

Analisis tetangga terdekat dilakukan untuk mengetahui pola spasial rentang suhu tertinggi sebagai pulau panas di Kabupaten Sleman. Hasil analisis menunjukkan rasio tetangga terdekat dengan nilai 0,433 pada pulau panas di tahun 2013 dan 0,157 pada pulau panas di tahun 2015. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada suhu 29 – 34° C teridentifikasi *clustered pattern*/ pola mengelompok. Rasio tetangga terdekat tahun 2015 lebih rendah dari tahun 2013, sehingga menunjukkan tingkat pengelompokan pulau panas di tahun 2015 lebih tinggi dibandingkan tahun 2013. Gambar 29 menunjukkan hasil analisis tetangga terdekat pulau panas di tahun 2013 dan tahun 2015.

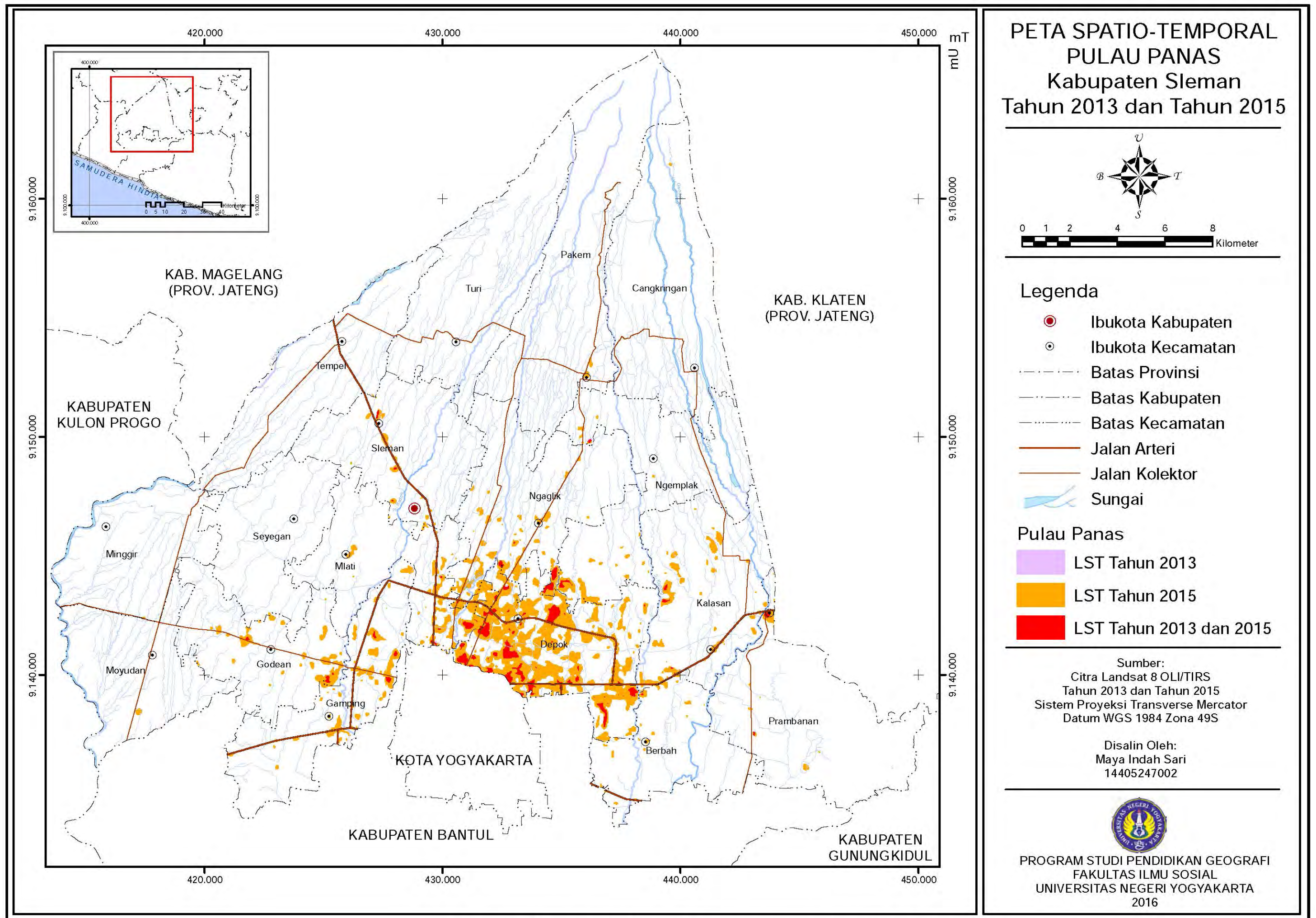


Gambar 29. Analisis Tetangga Terdekat Pulau Panas Tahun 2013 [kiri] dan 2015 [kanan]. (Sumber: Pengolahan data, 2016).

Gambar 30 menggambarkan variasi *spatio-temporal* suhu permukaan lahan dan dan Gambar 31 menggambarkan variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman. Pemetaan suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 menunjukkan persebaran pulau panas di sebagian wilayah Kecamatan Depok dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Gamping, Ngaglik, Kalasan, dan Berbah. Pemetaan suhu permukaan lahan pada tahun 2015 menunjukkan persebaran pulau panas di sebagian besar wilayah Kecamatan Depok, sebagian wilayah Kecamatan Gamping, Ngaglik, Kalasan, dan Berbah, serta sebagian kecil wilayah Kecamatan Godean, Mlati, Sleman, Ngemplak, dan Prambanan. Indikasi arah perluasan yaitu peningkatan nilai garis lintang tertinggi, bujur terendah, dan bujur tertinggi.



Gambar 30. Peta Spatio-Temporal Suhu Permukaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan Tahun 2015



Gambar 31. Peta Spatio-Temporal Pulau Panas Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan Tahun 2015

4. Variasi *Spatio-Temporal* NDVI

Citra satelit Landsat 8 OLI digunakan untuk informasi kerapatan vegetasi tahun 2013 dan 2015 berdasarkan transformasi NDVI. Hasil transformasi menunjukkan adanya rentang nilai yang berkisar pada kerapatan vegetasi sangat rendah (0 - 0,19), rendah (0,2 – 0,39), dan sedang (0,4 – 0,59). Uji-t dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan nilai indeks vegetasi hasil transformasi NDVI pada citra satelit Landsat 8 OLI tahun perekaman 2013 dan 2015. Tahap yang harus dilakukan sebelum melakukan uji-t adalah uji normalitas data. Tabel 22 menampilkan uji normalitas data.

Tabel 22. *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test* NDVI

		ndvi13	ndvi15
N		589829	589829
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,30808620	,30983346
	Std. Deviation	,092967387	,098520583
Most Extreme Differences	Absolute	,069	,069
	Positive	,044	,045
	Negative	-,069	-,069
Test Statistic		,069	,069
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c	,000 ^c

Sumber: Pengolahan data, 2016

Pembacaan tabel berdasarkan nilai *Z test statistic* berada pada angka 0,069. Nilai ini lebih kecil dari *Z*-tabel yang bernilai 0,7794 sehingga mengindikasikan bahwa data terdistribusi normal dan dapat dilanjutkan dengan uji-t. Tabel 23 menampilkan hasil uji-t dari data.

Tabel 23. *Paired Sample Test* NDVI

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	ndvi13 - ndvi15	-,001747260	,07453269	,00009705	-,0019375	-,0015570	-18,00	58983	,000

Sumber: Pengolahan data, 2016

Hasil uji-t menunjukkan level signifikansi (*Sig. (2-tailed)*) kurang dari 0,05, atau dengan kata lain perubahan nilai indeks vegetasi hasil transformasi NDVI pada citra satelit Landsat 8 OLI terjadi secara signifikan dalam rentang tahun 2013 – 2015. Analisis statistik deskriptif dilakukan menggunakan seluruh piksel citra untuk mengetahui dengan lebih detil variasi *spatio-temporal* indeks vegetasi di Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan 2015.

Tabel 24. Variasi Temporal Hasil Transformasi NDVI Tahun 2013 dan 2015

Tahun	NDVI	Rentang Nilai			Jumlah Piksel	Luas (Ha)	
		Min	Mean	Max			
2013		0,01	0,31	0,59	589045	52985	100
	0 - 0,19	0,01	0,15	0,19	84007	9455,642	17,85
	0,2 - 0,39	0,2	0,31	0,39	407214	32467,06	61,28
	0,4 - 0,59	0,4	0,43	0,59	97824	11062,3	20,88
	0,6 - 0,79	0	0	0	0	0	0
	0,8 - 1	0	0	0	0	0	0
2015		0,01	0,31	0,57	589045	52985	100
	0 - 0,19	0,01	0,15	0,19	92463	9908,854	18,70
	0,2 - 0,39	0,2	0,31	0,39	375789	29961,42	56,55
	0,4 - 0,59	0,4	0,43	0,57	120793	13114,73	24,75
	0,6 - 0,79	0	0	0	0	0	0
	0,8 - 1	0	0	0	0	0	0

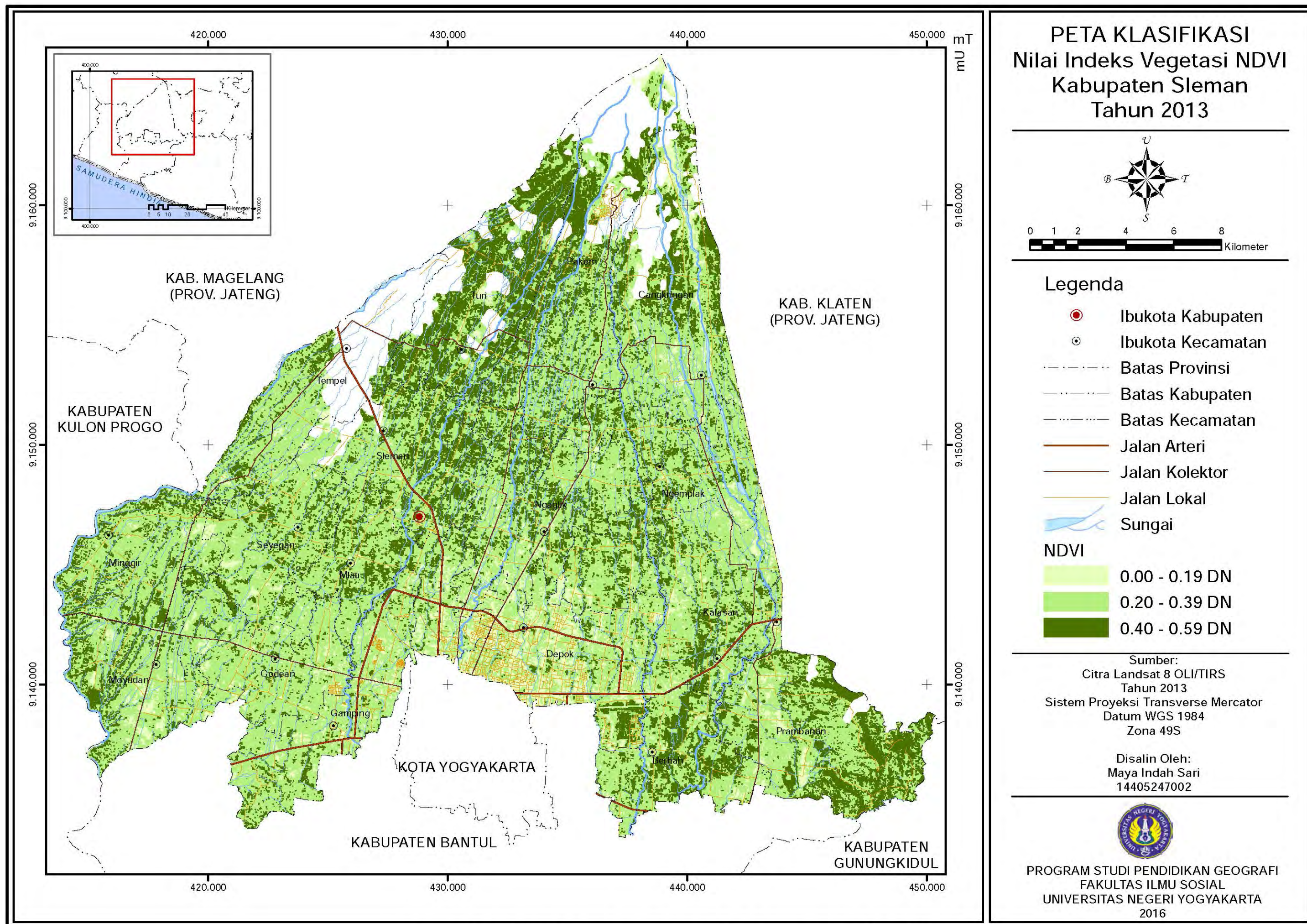
Sumber: Pengolahan data, 2016

Tabel 24 memberikan informasi variasi nilai indeks vegetasi di Kabupaten Sleman. Tidak terdapat perbedaan yang menonjol pada indeks minimum, rerata, dan maksimum dari setiap kelas NDVI hasil perekaman citra tahun 2013 dan 2015. Variasi nilai yang berbeda pada hasil transformasi NDVI adalah pada nilai indeks vegetasi maksimum citra secara keseluruhan yang menunjukkan nilai 0,59 pada citra tahun 2013 dan nilai 0,57 pada citra tahun 2015. Terdapat penurunan nilai indeks vegetasi maksimum dari tahun 2013 hingga 2015 sebanyak 0,02. Penurunan indeks vegetasi maksimum menunjukkan berkurangnya lahan bervegetasi di Kabupaten Sleman. Terdapat pula peningkatan luas sebanyak 0,85% dari wilayah Kabupaten Sleman pada nilai indeks vegetasi 0 – 0,19 yang kerapatan vegetasi sangat rendah di tahun 2013 hingga tahun 2015. Peningkatan jumlah piksel pada

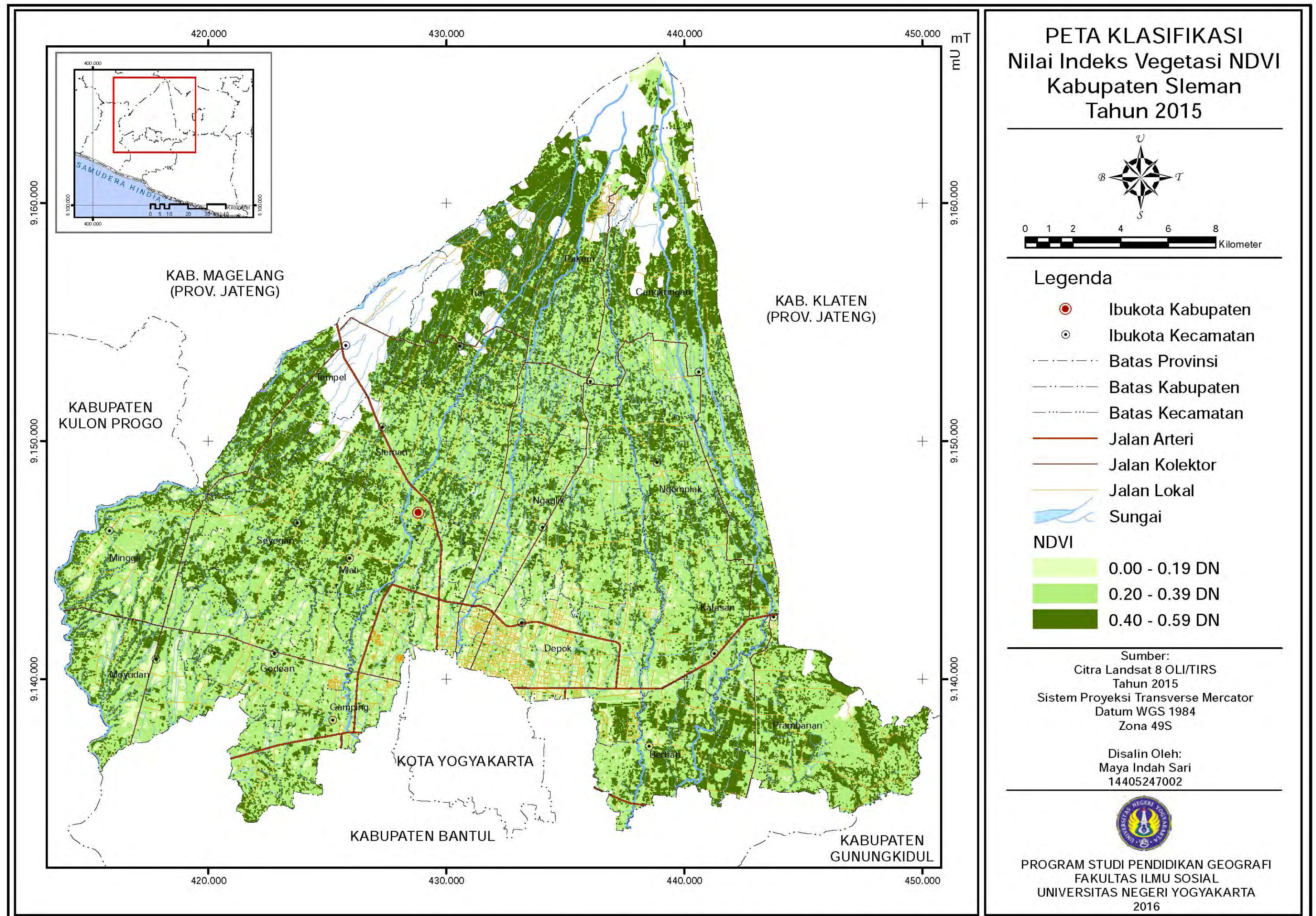
wilayah tersebut menunjukkan bertambahnya jumlah lahan yang hampir tidak ditumbuhi vegetasi di Kabupaten Sleman dari tahun 2013 hingga tahun 2015.

Luasan lahan yang berada pada wilayah pada kerapatan vegetasi sangat rendah di tahun 2013 adalah 9455,642 Ha. Luasan ini meningkat menjadi 9908,854 Ha di tahun 2015. Selisih yang diperoleh dari kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa luas lahan dalam kategori ini mengalami peningkatan 463,212 Ha. Dari hasil transformasi NDVI juga teridentifikasi penurunan luasan lahan pada kerapatan vegetasi rendah sebanyak 2.505,64 Ha dari tahun 2013 hingga tahun 2015. Di sisi lain, terdapat peningkatan luasan lahan dengan kerapatan vegetasi sedang sebanyak 2052,43 Ha dari tahun 2013 hingga tahun 2015. Hal ini mengindikasikan adanya alih fungsi lahan pada kerapatan vegetasi rendah menjadi berkerapatan vegetasi sangat rendah sekaligus menjadi berkerapatan vegetasi sedang. Maka tabulasi nilai NDVI di Kabupaten Sleman tahun 2013 dan 2015 belum mengidentifikasi kecenderungan arah perubahan lahan bervegetasi secara signifikan.

Arah perkembangan lahan vegetasi di Kabupaten Sleman secara spasial dapat dilihat pada Gambar 32 yaitu Peta NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan Gambar 33 yaitu Peta NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2015 yang menunjukkan bahwa persebaran rentang indeks vegetasi di Kabupaten Sleman semakin tinggi ke arah utara dan semakin rendah ke arah selatan. Visualisasi pada peta menunjukkan adanya konsentrasi lokasi nilai indeks vegetasi pada kelas kerapatan sangat rendah pada sekitar wilayah bergaris lintang rendah Kabupaten Sleman, yang mendominasi Kecamatan Moyudan, Godean, Gamping, dan Depok. Konsentrasi lokasi wilayah vegetasi pada kelas kerapatan sangat rendah tampak semakin meluas di Tahun 2015, menggantikan wilayah-wilayah yang sebelumnya berada pada kelas kerapatan vegetasi sedang – rendah. Secara visual tampak perubahan variasi spasial NDVI di Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan 2015.

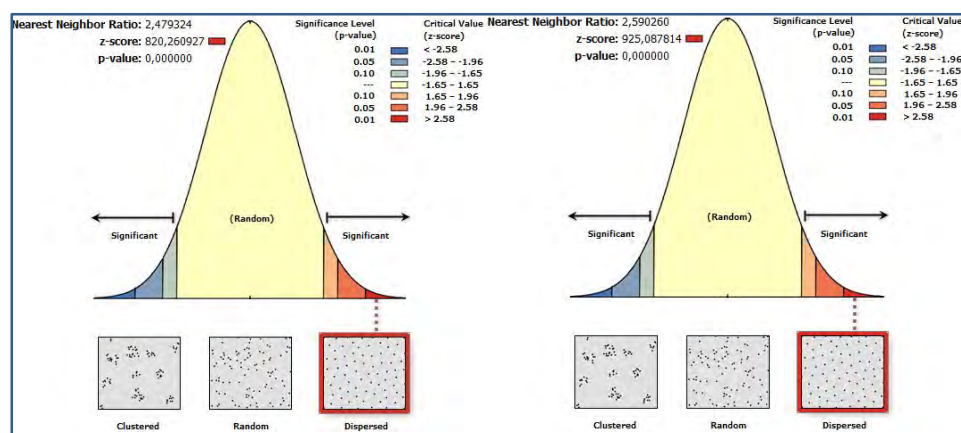


Gambar 32. Peta Klasifikasi Nilai Indeks Vegetasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2013



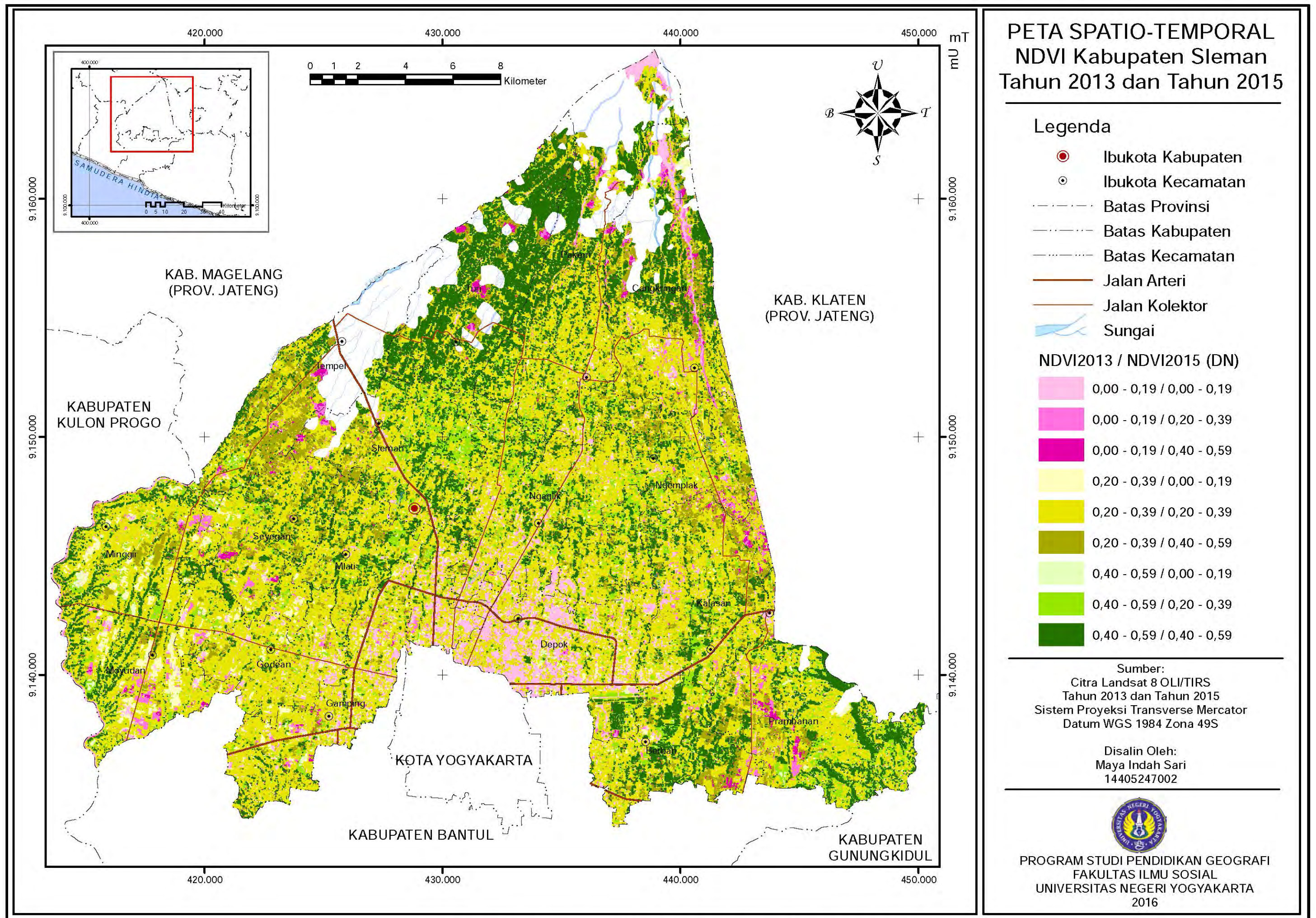
Gambar 33. Peta Klasifikasi Nilai Indeks Vegetasi NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2015

Gambar 34 menunjukkan hasil analisis tetangga terdekat yang dilakukan pada nilai piksel dengan kerapatan vegetasi sangat rendah untuk melihat pola spasial yang terbentuk di Kabupaten Sleman. Hasil analisis menunjukkan rasio tetangga terdekat dengan nilai 2,479 pada tahun 2013 dan 2,590 pada tahun 2015. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pada kelas NDVI sangat rendah teridentifikasi *dispersed pattern*/ pola tersebar merata. Peningkatan nilai rasio menunjukkan bahwa kerapatan vegetasi sangat rendah di tahun 2015 semakin tersebar merata di Kabupaten Sleman.

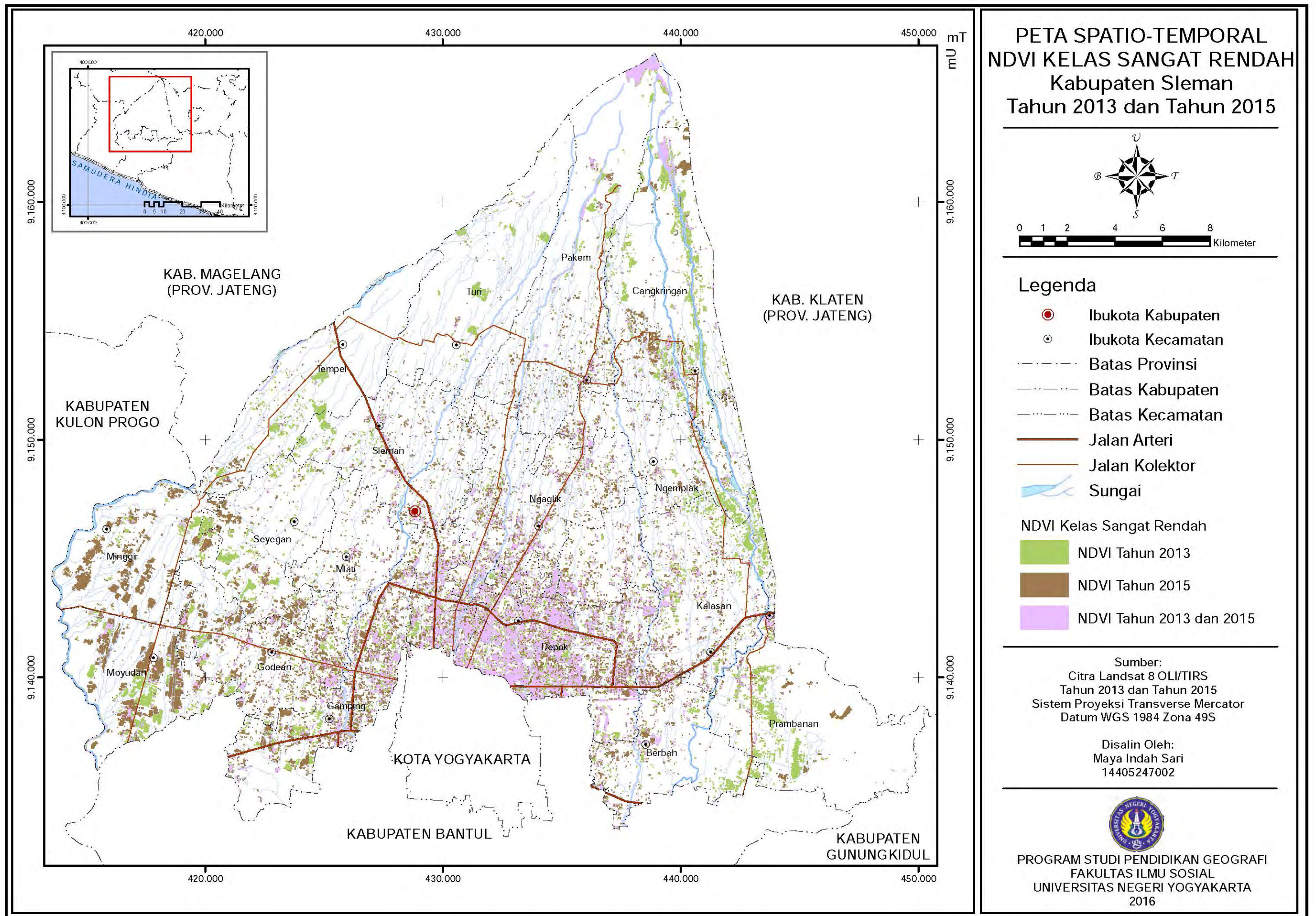


Gambar 34. Analisis Tetangga Terdekat NDVI Sangat Rendah Tahun 2013 [kanan] dan 2015 [kiri] (Sumber: Pengolahan data, 2016)

Gambar 35 menggambarkan variasi *spatio-temporal* NDVI dan Gambar 36 menggambarkan variasi *spatio-temporal* NDVI pada kelas sangat rendah di Kabupaten Sleman. Pemetaan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 menunjukkan persebaran vegetasi dengan kerapatan sangat rendah di sebagian besar wilayah Kecamatan Depok dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Moyudan, Seyegan, Gamping, Kalasan, dan Prambanan. Kerapatan vegetasi sangat rendah di Kabupaten Sleman tahun 2015 secara visual terlihat semakin meluas dan tersebar dibandingkan pada tahun 2013. Perluasan area ini terlihat acak, dan disertai dengan beberapa pengurangan area dengan kerapatan vegetasi sangat rendah yang terjadi pada tahun 2013.



Gambar 35. Peta Spatio-Temporal NDVI Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan Tahun 2015

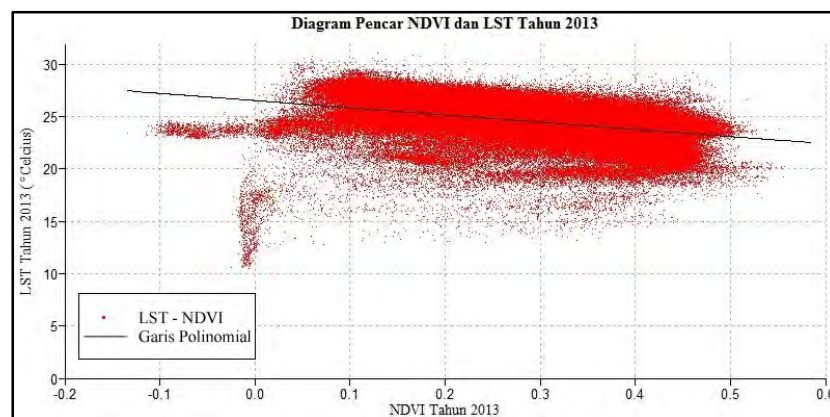


Gambar 36. Peta Multitemporal NDVI Kelas Sangat Rendah Kabupaten Sleman Tahun 2013 dan Tahun 2015

5. Hubungan Antara LST dan NDVI

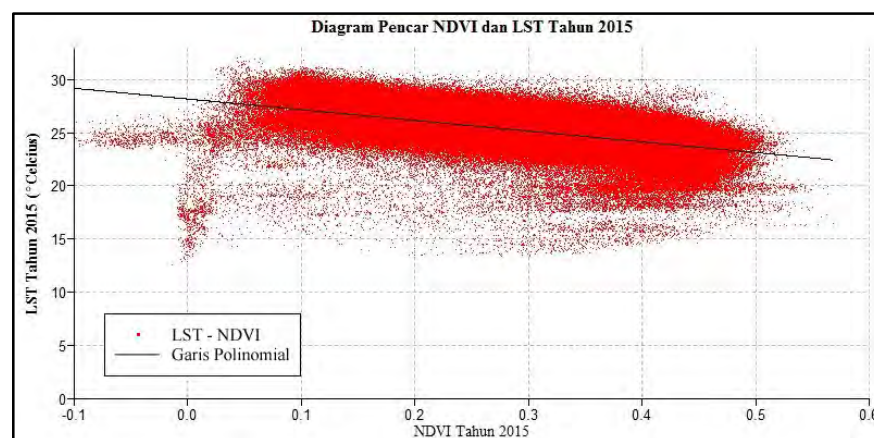
Citra satelit Landsat 8 TIRS memberikan informasi keberadaan pulau panas di Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta. Informasi ini berupa piksel yang memiliki nilai sebagai suhu permukaan dengan satuan derajat celsius, di mana terdapat kecenderungan bagi piksel-piksel tersebut mengelompok pada kisaran nilai yang tinggi. Hasil transformasi LST dan NDVI menunjukkan adanya pengelompokan titik-titik piksel pada nilai LST tinggi yang mengindikasikan adanya pulau panas yang mendekati kesamaan spasial dengan pengelompokan titik-titik piksel pada nilai NDVI sangat rendah. Perbandingan visual dari peta menunjukkan kesamaan arah perkembangan konsentrasi titik – titik piksel LST dan NDVI tahun 2013 dan 2015. Analisis korelasi spasial dilakukan untuk melihat hubungan antara kerapatan vegetasi dan suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman. Analisis korelasi spasial dilakukan dengan membandingkan nilai piksel dari nilai indeks vegetasi dan suhu permukaan lahan hasil transformasi citra.

Penggambaran diagram pencar menghubungkan antara nilai NDVI pada sumbu x dan nilai LST pada sumbu y. Hasil pencaran dari nilai NDVI dan LST yang terbaca dari diagram adalah kecenderungan suhu permukaan lahan yang semakin rendah seiring dengan meningkatnya nilai indeks vegetasi. Begitu pula sebaliknya, bentuk diagram ini menunjukkan kecenderungan peningkatan suhu permukaan lahan seiring dengan menurunnya nilai indeks vegetasi.



Gambar 37. Diagram Pencar LST dan NDVI Tahun 2013 (Sumber: Pengolahan data, 2016).

Gambar 37 menunjukkan kecenderungan pembentukan garis *trend* dengan nilai korelasi spasial antara LST dan NDVI tahun 2013 sebesar -0,431. Penerjemahan korelasi spasial ini berdasarkan indeks Moran di mana nilai $I < 0$ menunjukkan hubungan positif yang kuat, $I = 0$ menunjukkan hubungan yang acak, dan $I > 0$ menunjukkan hubungan negatif yang kuat. Nilai korelasi spasial antara LST dan NDVI di tahun 2013 yang kurang dari nilai 0 menunjukkan terdapat hubungan negatif yang kuat antara suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi. Hubungan negatif ini bermakna bahwa semakin tinggi suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 maka semakin rendah kerapatan vegetasinya, dan semakin rendah suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 maka semakin rendah kerapatan vegetasinya.



Gambar 38. Diagram Pencar LST dan NDVI Tahun 2015 (Sumber: Pengolahan data, 2016).

Gambar 38 menunjukkan kecenderungan pembentukan garis *trend* dengan nilai korelasi spasial antara LST dan NDVI tahun 2015 sebesar -0,546. Penerjemahan korelasi spasial ini memiliki makna yang sama dengan tahun 2013. Nilai korelasi tahun 2015 mengalami peningkatan 0,115 ke arah negatif, yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan hubungan antara suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi di tahun 2015.

Nilai korelasi yang berada pada tahun 2013 dan 2015 cenderung berada pada nilai tengah antara 0 dan -1. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi antara NDVI dan LST berada pada hubungan yang tidak terlalu kuat

dan juga tidak terlalu lemah. Kondisi korelasi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor pertama adalah keterbatasan resolusi spasial citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS. Faktor kedua adalah keberadaan berbagai faktor klimatologi dan lingkungan yang saling mempengaruhi.

6. Keterbatasan Penelitian

a. Nilai Bias pada Korelasi

Keterbatasan resolusi spasial citra satelit Landsat 8 OLI/ TIRS mengakibatkan pantulan spektral/ radian yang terekam oleh sensor citra satelit per satu piksel merupakan perekaman dari kombinasi kondisi lahan seluas 30 meter² untuk perekaman dengan sensor OLI yang digunakan dalam analisis NDVI, serta seluas 100 meter² untuk perekaman dengan sensor TIRS yang digunakan untuk analisis LST. Hal ini menyebabkan tidak hanya menyebabkan pembiasan hasil perekaman citra, namun turut menyebabkan setiap piksel citra termal tidak dapat memberikan piksel murni pada nilai indeks vegetasi karena perbedaan resolusi spasial, sehingga menimbulkan kesamaran nilai korelasi antara kedua variabel.

Piksel yang tidak murni memberikan nilai suhu dan kerapatan vegetasi yang tidak sama persis dengan kondisi di lapangan. Kondisi lahan yang sangat bervariasi saat ini menyebabkan hampir tidak ditemukan penutup lahan bervegetasi dengan luas mencapai 30 meter² hingga 100 meter². Sementara luasan itu hanya mampu direkam oleh satu piksel citra. Keterbatasan ini merupakan salah satu kendala dalam akurasi analisis dengan menggunakan citra satelit resolusi menengah.

Berbagai faktor di luar batasan penelitian turut mempengaruhi hasil korelasi LST dan NDVI di Kabupaten Sleman tahun 2013 dan 2015, di mana suhu permukaan merupakan bagian dari unsur klimatologi yang juga dipengaruhi oleh berbagai kondisi fisik dan sosial di muka bumi. Kondisi tersebut jika disandingkan dengan kondisi suhu udara Kabupaten Sleman dapat dijabarkan sebagai berikut:

1) Topografi

Sampel suhu lahan dari pengukuran lapangan dan hasil transformasi citra menunjukkan bahwa daerah dengan banyak tutupan vegetasi di Kabupaten Sleman bagian selatan memiliki suhu yang lebih tinggi daripada di Kabupaten Sleman bagian utara. Kondisi topografi tidak hanya mempengaruhi suhu dengan kecenderungan menurunnya suhu pada lokasi yang tinggi, di mana ketinggian lokasi meningkatkan tekanan udara yang berbanding terbalik dengan suhu udara. Topografi turut menimbulkan variasi sudut datang sinar matahari, sehingga memberikan perbedaan suhu permukaan lahan dari penyinaran matahari.

2) Curah Hujan dan Hidrologi

Visualisasi spasial suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman memiliki kecenderungan mengikuti persebaran curah hujan rerata tahunan, di mana suhu yang sangat rendah dengan rentang $0 - 16,9^{\circ}\text{C}$ di bagian utara merupakan wilayah dengan curah hujan rerata tahunan tertinggi yaitu $3.500 - 4000\text{ mm/tahun}$. Kecenderungan suhu tersebut cenderung tinggi dengan rentang $28 - 32,9^{\circ}\text{C}$ di Kabupaten Sleman bagian selatan dan berkembang ke arah timur Kabupaten Sleman, di mana terdapat curah hujan yang sangat rendah di wilayah tersebut. Curah hujan merupakan salah satu unsur klimatologi yang memberikan kelembaban tinggi di suatu wilayah yang akan berperan pada kesejukan suhu udara sekitar.

Kondisi hidrologi yang terlihat berkesinambungan dengan kondisi suhu permukaan lahan hasil transformasi citra LST adalah karakteristik pemanfaatan air tanah. Wilayah dengan pemanfaatan air tanah rendah (Kecamatan Ngemplak, Turi, Cangkringan, Kalasan, dan Ngaglik) cenderung masih memiliki ruang terbuka hijau yang baik sehingga memberikan suhu permukaan lahan yang rendah – sedang ($17 - 27,9^{\circ}\text{C}$). Wilayah dengan pemanfaatan air tanah tinggi (Kecamatan Berbah, Sleman dan Prambanan) cenderung mengindikasikan tingginya

pembangunan dan berkurangnya keberadaan ruang terbuka hijau sehingga memberikan suhu permukaan lahan yang tinggi ($28 - 32,9^{\circ}\text{C}$)

3) Geologi dan Tanah

Kondisi geologi secara umum mempengaruhi kondisi tanah, di mana struktur fisika dan kimia tanah dipengaruhi oleh sejarah batuan di suatu wilayah. Kondisi tanah berkaitan dengan tekstur tanah yang menjadi faktor interaksi tanah dengan limpasan air permukaan serta tekstur tanah yang memiliki kecenderungan perbedaan reaksi pantulan terhadap sinar matahari. Tekstur tanah dengan porositas terlalu tinggi cenderung akan gersang dan menyerap panas matahari. Hubungan antara kondisi geologi dan tanah tidak terlihat secara signifikan pada hasil transformasi LST dikarenakan keterbatasan resolusi citra.

4) Penggunaan lahan dan Demografi Penduduk

Kondisi penggunaan lahan memberikan peran lebih detail dalam mengkaji suhu permukaan lahan, karena tidak hanya meninjau aspek keberadaan vegetasi di suatu wilayah namun juga berbagai material lain yang berada di atas permukaan lahan tersebut. Wilayah dengan pembangunan tinggi cenderung memiliki banyak material beton, genteng, dan aspal yang berdampak pada tingginya serapan panas dari energy matahari di wilayah tersebut.

Demografi penduduk dalam hal ini berperan besar dalam mempengaruhi penggunaan lahan, di mana wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi cenderung akan mengalami pembangunan yang tinggi. Kondisi demografi yang mampu menekan pembangunan ini adalah jenjang pendidikan, di mana penduduk dengan jenjang pendidikan rendah cenderung membangun permukiman kumuh dan tidak ramah lingkungan, sebaliknya penduduk dengan jenjang pendidikan tinggi telah memiliki kesadaran lingkungan yang lebih baik.

Kecamatan dengan jumlah penduduk tidak bersekolah terbanyak pada Kecamatan Moyudan dan Berbah, yang mana jika ditinjau secara spasial kecamatan tersebut memiliki rentang suhu permukaan lahan

sedang – tinggi ($23 - 32,9^{\circ}\text{C}$). Kecamatan dengan jumlah penduduk yang memiliki jenjang pendidikan akademi (Diploma – Strata III) terbanyak berada di Kecamatan Minggir dan Pakem, yang mana jika ditinjau secara spasial kecamatan tersebut memiliki rentang suhu permukaan lahan rendah - sedang ($17 - 27,9^{\circ}\text{C}$).

NDVI sebagai variabel penelitian ini mengindikasikan kerapatan vegetasi di Kabupaten Sleman yang berhubungan dengan kondisi Ruang Terbuka Hijau (RTH). NDVI bukan satu-satunya faktor yang mempengaruhi suhu permukaan lahan, dengan mempertimbangkan faktor- faktor fisik dan sosial yang mendukung klimatologi, material penutup lahan, serta kecenderungan pengelolaan lingkungan dari masyarakat. Terdapat tarik menarik peran antara berbagai faktor tersebut terhadap suhu permukaan lahan yang mampu direkam oleh sensor satelit.

b. Rentang Tahun Pengamatan

Tahun pengamatan pada penelitian ini berada pada rentang yang sangat sempit yaitu dalam interval dua tahun. Hal ini mengakibatkan variasi temporal dari kedua variabel yaitu suhu permukaan lahan dan kerapatan vegetasi tidak bisa mewakili kecenderungan variasi temporal pada tahun pengamatan selanjutnya. Keterbatasan ini dikarenakan tahun operasi Satelit Landsat beralih dari Landsat 7 ETM+ menjadi Landsat 8 OLI/ TIRS pada tahun 2013, yang disertai dengan perubahan resolusi spasial dari saluran inframerah dekat dan saluran termal.

Keterbatasan selanjutnya adalah hasil perekaman Landsat 8 OLI/ TIRS pada rentang tahun peluncuran satelit (2013) hingga tahun penelitian (2016) memiliki hambatan ketersediaan data yang hampir selalu terkena tutupan awan di cakupan wilayah Kabupaten Sleman. Kondisi ini menyebabkan penggunaan data terbaik dari Landsat 8 OLI/TIRS untuk penelitian ini adalah pada citra tahun 2013 dan 2015.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Variasi *spatio-temporal* pulau panas di Kabupaten Sleman teridentifikasi dalam pola *clustered* (berkelompok) dengan rasio tetangga terdekat senilai 0,433 pada tahun 2013 dan 0,157 pada tahun 2015. Penurunan nilai rasio tersebut menunjukkan pengelompokan pulau panas yang semakin signifikan dari tahun 2013 – 2015. Pemetaan suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 menunjukkan persebaran pulau panas di sebagian wilayah Kecamatan Depok dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Gamping, Ngaglik, Kalasan, dan Berbah. Pemetaan suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman pada tahun 2015 menunjukkan persebaran pulau panas di sebagian besar wilayah Kecamatan Depok, sebagian wilayah Kecamatan Gamping, Ngaglik, Kalasan, dan Berbah, serta sebagian kecil wilayah Kecamatan Godean, Mlati, Sleman, Ngemplak, dan Prambanan. Pulau panas di Kabupaten Sleman mengalami perluasan 4,42% dari luas kabupaten dalam rentang tahun 2013 hingga tahun 2015.
2. Variasi *spatio-temporal* nilai indeks vegetasi (NDVI) yang berada di sekitar wilayah perkembangan pulau panas di Kabupaten Sleman adalah indeks vegetasi sangat rendah dengan rentang nilai 0 – 0,2 DN yang teridentifikasi dalam pola *dispersed* (tersebar merata) dengan rasio tetangga terdekat senilai 2,479 pada tahun 2013 dan 2,590 pada tahun 2015. Peningkatan nilai rasio tersebut menunjukkan penyebaran indeks vegetasi sangat rendah yang semakin signifikan dari tahun 2013 – 2015. Pemetaan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman pada tahun 2013 menunjukkan persebaran vegetasi dengan kerapatan sangat rendah di sebagian besar wilayah Kecamatan Depok dan sebagian kecil wilayah Kecamatan Moyudan, Seyegan, Gamping, Kalasan, dan Prambanan. Pemetaan nilai indeks vegetasi (NDVI) di Kabupaten Sleman pada tahun 2015 menunjukkan persebaran vegetasi dengan kerapatan sangat rendah di sebagian besar

wilayah Kecamatan Depok serta sebagian wilayah Kecamatan Moyudan, Seyegan, Gamping, dan Kalasan. Kerapatan vegetasi dengan kelas NDVI sangat rendah di Kabupaten Sleman didapati mengalami perluasan wilayah 0,85% dari luas kabupaten dalam rentang tahun 2013 hingga tahun 2015.

3. Hubungan antara suhu permukaan lahan hasil transformasi citra dengan nilai indeks vegetasi (NDVI) berdasarkan indeks Moran berada pada nilai korelasi -0,431 di tahun 2013 dan -0,546 di tahun 2015, atau menunjukkan hubungan negatif yang kuat di antara kedua variabel. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman maka akan memiliki indeks vegetasi (NDVI) yang semakin tinggi, dan semakin tinggi suhu permukaan lahan di Kabupaten Sleman maka akan memiliki indeks vegetasi (NDVI) yang semakin rendah. Pengamatan secara visual pada peta menunjukkan adanya pola keruangan yang serupa antara pulau panas dan kelas NDVI sangat rendah di Kabupaten Sleman, di mana pola tersebut terkonsentrasi di sisi selatan Kabupaten Sleman.

B. Saran

1. Bagi pemerintah sebaiknya mengatur kebijakan pembangunan yang memprioritaskan keberadaan RTH terutama di Kecamatan Depok yang telah memiliki luasan pulau panas terbesar di Kabupaten Sleman.
2. Bagi masyarakat sebaiknya melakukan pembangunan permukiman dengan menyesuaikan daya tampung lingkungan hidup serta melestarikan RTH di lingkungan tempat tinggalnya untuk menyeimbangkan anomali suhu udara.
3. Bagi akademisi sebaiknya mengembangkan penelitian dengan meninjau variabel yang mempengaruhi suhu permukaan lahan selain kerapatan vegetasi untuk mendorong pembangunan daerah yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrienko, N. and Andrienko, G. 2006. *Exploratory Analysis of Spatial and Temporal Data – A Systematic Approach*. Berlin: Springer.
- BAPPEDA. 2011. *Laporan RTRW Kabupaten Sleman 2011 – 2031*. Yogyakarta: Badan Pembangunan Perencanaan Daerah.
- Baumann, P.R. 2008. *An Urban Heat Island: Washington, D.C.* New York: State University Of New York.
- Bintarto dan Surastopo Hadisumarno. 1979. *Metode Analisa Geografi*. Jakarta: LP3ES.
- BPS. 1995. *Sleman Dalam Angka 1995*. Sleman : Badan Pusat Statistik.
- BPS. 2005. *Sleman Dalam Angka 2005*. Sleman : Badan Pusat Statistik.
- BPS. 2015. *Sleman Dalam Angka 2015*. Sleman : Badan Pusat Statistik
- Cao, *et al.* 2008. Remote Sensing Image – Based Analysis of The Relationship Between Urban Heat Island and Vegetation Fraction, *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Science* (Nomor XXXVII Part B7). Hlm. 1379-1383.
- Cox, J.R. 2005. Characterizing the Surface Heat Island of New York City & Integration with MM5 Climate Model. *Proceeding*, EPA Conference Call. New York: The City University of New York.
- Employment and Immigration Team. 2009. *Indoor Air Quality*. Canada: Government of Alberta.
- Eris Riswanto. 2009. Evaluasi Akurasi Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra ALOS PALSAR Resolusi Rendah Studi Kasus di Pulau Kalimantan. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan IPB.
- Ghulam, A. 2009. How To Calculate Reflectance and Temperature Using ASTER Data. *Proceeding*, Center for Environment Science at Saint Louis University, Missouri. Tersedia pada <http://www.pancroma.com/downloads/ASTER%20Temperature%20and%20Reflectance.pdf>, diakses pada tanggal 27 Juni 2013.
- Hasanlou, M. and Mostofi, N. 2015. Investigating Urban Heat Island Estimation and Relation between Various Land Cover Indices in Tehran City Using Landsat 8 Imagery. *Proceeding*, 1st International Electronic Conference on Remote Sensing 22 June – 5 July 2015. Tersedia pada <http://sciforum.net/conference/ecrs1/paper/2903/download/slides.pdf>, diakses pada tanggal 1 Desember 2015.
- Hendro Murtianto. 2008. *Modul Belajar Geografi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

- Heru Hendrayana, dkk. 1993. *The Improvement of Yogyakarta Groundwater Basin Concept and It's Modelling. Paper*. Yogyakarta Groundwater Basin Concept. Yogyakarta: Fakultas Teknik Geologi UGM.
- ILWIS. 1997. *ILWIS Reference Guide*. Tersedia pada http://www.itc.nl/ilwis/documentation/version_2/rguide.asp, diakses tanggal 17 Januari 2017.
- Iswari Nur Hidayati. 2013. Analisis Transformasi Citra Dan Penggunaan/Penutup Lahan Terhadap Urban Heat Island Berbasis Citra Penginderaan Jauh. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Jackson, R.D. and Huete, A.R. 1991. Interpreting Vegetation Indices. *Journal of Preventive Veterinary Medicine* (Nomor 11 tahun 91). Hlm. 231-237.
- Jain, A.K. 1989. *Fundamentals of Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Koopmans, L.H. 1995. *The Spectral Analysis of Time Series*. California: Academic Press.
- Laras Tursilowati, dkk. 2007. Urban Climate Analysis on The Land Use and Land Cover Change (LULC) in Bandung – Indonesia with Remote Sensing and GIS. *Proceeding, Space Tools and Solutions for Monitoring the Atmosphere in support of Sustainable Development*. Graz, Austria.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., and Chipman, J. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Matthews, J.A. and Herbert, D.T. 1995. *GEOGRAPHY A Very Short Introduction*. New York: Oxford University Press.
- McCoy, R. M. 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. New York: The Guilford Press.
- Memon, R.A., et al. 2007. A Review on the Generation, Determination, and Mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences* (Nomor 20 tahun 2008). Hlm. 120-128.
- Oke, T.R. 2002. *Boundary Layer Climate*. Taylor & Francis e-Library.
- Projo Danoedoro. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Richards, J.A. 1993. *Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction*, 2nd Edition. Berlin: Springer.
- Ryan, L. 1997. Creating a Normalized Different Vegetation Image Using Multispec. *Proceeding, The Globe Program*. Durham: University of New Hampshire.

- Sadeghian, M. M. and Verdanyan, Z. 2013. The Benefits of Urban Parks, a Review of Urban Research. *Journal of Novel Applied Sciences* (Nomor 11 tahun 2013). Hlm 185-200.
- Smith, E. 2004. Remote Sensing for Earth Science Education. *Proceeding*, NIA-NASA-VSGC Institute. Hampton: Old Dominion University.
- Sofyan Cholid. 2009. Sistem Informasi Geografis – Suatu Pengantar. *Prosiding*, Analisis Kebutuhan Penelitian. Bogor: PUSLITBANG KESSOS.
- Sofyan Ritung, dkk. 2007. *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahana Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Solecki, W.D., *et al.* 2004. Urban Heat Island and Climate Change: An Assessment of Interacting and Possible Adaptations in the Camden, New Jersey Region. *Research Project Summary*. Trenton: NJDEP
- Sukses Wicahyani, dkk. 2013. Pulau Bahang Kota (Urban Heat Island) Di Yogyakarta Hasil Interpretasi Citra Landsat TM Tanggal 28 Mei 2012. *Prosiding*, Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Semarang: PPs-Universitas Diponegoro.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Swain, P.H. and Davis, S.M. (Ed.). 1978. *Remote Sensing – The Quantitative Approach*. New York: McGraw Hill.
- Tien Lastini, dkk. 2006. Metode Survei Kayu Rakyat Berdasarkan Karakteristik Sosial Ekonomi dan Biofisik Kawasan: Studi Kasus di Kabupaten Bogor. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* (Nomor 1 tahun 12). Hlm 27-37.
- Tim Dinas PU dan ESDM. 2015. Zona Pengambilan dan Pemanfaatan Air Tanah Kabupaten Sleman. *Laporan Penelitian*. Dinas Pekerjaan Umum dan Energi Sumber Daya Mineral Yogyakarta.
- Tim PEMDA. 2014. Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Sleman. *Laporan Penelitian*. Pemerintah Kabupaten Sleman.
- USGS. 2015. *Landsat 8 Data Users Handbook*. Tersedia pada <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook>, diakses tanggal 01 Desember 2015.
- Zhou, B., *et al.* 2013. On The Statistics of Urban Heat Island Intensity. *Journal of Geophysical Research Letters* (Nomor 40 tahun 2013). Hlm. 5486-5491.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

SURAT IZIN PENELITIAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU SOSIAL

Alamat : Jl. Kolombo No. 1 Yogyakarta Telp. (0274) 548202, 586168 Psw. 249 (Subdik. FIS)
Laman: fis.uny.ac.id , E-mail: fis@uny.ac.id

Nomor : **1628** /UN34.14/PL/2016
Lampiran : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian

26 MAY 2016

Yth.

Gubernur Kepala Daerah Tk. I Provinsi D.I. Yogyakarta
Cq. Kepala Biro Administrasi Pembangunan Provinsi D.I. Yogyakarta

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu berkenan memberikan izin bagi :

Nama/NIM : **Maya Indah Sari/ 14405247002**
Pekerjaan : Mahasiswa
Jurusan : Pendidikan Geografi FIS UNY
Alamat : Kampus Karangmalang Yogyakarta.

Untuk melaksanakan survei, observasi, dan Penelitian untuk penulisan Tugas Akhir Skripsi, adapun kegiatannya sebagai berikut :

Waktu : 25 Mei 2016 – 25 Juli 2016
Lokasi Penelitian : Kabupaten Sleman dan sekitarnya
Tujuan/maksud : Penulisan Tugas Akhir Skripsi (TAS)
Judul : **“Analisis Variasi Spasial Temporal Pulau Panas terhadap Nilai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 Oli/Tirs di Kabupaten Sleman D.I Yogyakarta”**

Demikianlah, atas bantuan serta izin yang Bapak/Ibu diberikan kami ucapkan terima kasih.



Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M.Ag.
NIP. 19620321 198903 1 001

Tembusan :

1. Kepala Kesbanglinmas Kab. Sleman
2. Kepala BAPPEDA Kab. Sleman
3. Kepala BMKG Kab. Sleman
4. Kepala BPN Kab. Sleman
5. Mahasiswa Ybs
6. Arsip



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU SOSIAL

Alamat : Jl. Kolombo No. 1 Yogyakarta Telp. (0274) 548202, 586168 Psw. 249 (Subdik. FIS)
Laman: fis.uny.ac.id , E-mail: fis@uny.ac.id

Nomor : 1628/UN34.14/PL/2016
Lampiran : -
Hal : Permohonan Izin Penelitian

26 MAY 2016

Yth.
Kepala Kesbanglinmas Kabupaten Sleman

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu berkenan memberikan izin bagi :

Nama/NIM : Maya Indah Sari/ 14405247002
Pekerjaan : Mahasiswa
Jurusan : Pendidikan Geografi FIS UNY
Alamat : Kampus Karangmalang Yogyakarta.

Untuk melaksanakan survei, observasi, dan Penelitian untuk penulisan Tugas Akhir Skripsi, adapun kegiatannya sebagai berikut :

Waktu : 25 Mei 2016 – 25 Juli 2016
Lokasi Penelitian : Kabupaten Sleman dan sekitarnya
Tujuan/maksud : Penulisan Tugas Akhir Skripsi (TAS)
Judul : “Analisis Variasi Spasial Temporal Pulau Panas terhadap Nilai Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 Oli/Tirs di Kabupaten Sleman D.I Yogyakarta”

Demikianlah, atas bantuan serta izin yang Bapak/Ibu diberikan kami ucapkan terima kasih.



Prof. Dr. Ajat Sudrajat, M.Ag.
NIP. 19620321 198903 1 001

Tembusan :

1. Kepala BAPPEDA Kab. Sleman
2. Kepala BMKG Kab. Sleman
3. Kepala BPN Kab. Sleman
4. Mahasiswa Ybs
5. Arsip

Lampiran 2.

METADATA LANDSAT 8 OLI/ TIRS

Perekaman 14 Juni 2015

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
GROUP = METADATA_FILE_INFO
  ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
  REQUEST_ID = "0501506140190_00014"
  LANDSAT_SCENE_ID = "LC81200652015165LGN00"
  FILE_DATE = 2015-06-14T06:49:16Z
  STATION_ID = "LGN"
  PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.5.1"
END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
GROUP = PRODUCT_METADATA
  DATA_TYPE = "L1T"
  ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
  OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
  SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
  SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
  WRS_PATH = 120
  WRS_ROW = 65
  NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
  TARGET_WRS_PATH = 120
  TARGET_WRS_ROW = 65
  DATE_ACQUIRED = 2015-06-14
  SCENE_CENTER_TIME = "02:47:24.2582278Z"
  CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.17886
  CORNER_UL_LON_PRODUCT = 108.98112
  CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.18269
  CORNER_UR_LON_PRODUCT = 111.04158
  CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.28070
  CORNER_LL_LON_PRODUCT = 108.97176
  CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.28585
  CORNER_LR_LON_PRODUCT = 111.04177
  CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 276600.000
  CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683400.000
  CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 504600.000
  CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -683400.000
  CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 276600.000
  CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -915900.000
  CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 504600.000
  CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -915900.000
  PANCHROMATIC_LINES = 15501
  PANCHROMATIC_SAMPLES = 15201
  REFLECTIVE_LINES = 7751
  REFLECTIVE_SAMPLES = 7601
  THERMAL_LINES = 7751
  THERMAL_SAMPLES = 7601
  FILE_NAME_BAND_1 = "LC81200652015165LGN00_B1.TIF"
  FILE_NAME_BAND_2 = "LC81200652015165LGN00_B2.TIF"
  FILE_NAME_BAND_3 = "LC81200652015165LGN00_B3.TIF"
  FILE_NAME_BAND_4 = "LC81200652015165LGN00_B4.TIF"
  FILE_NAME_BAND_5 = "LC81200652015165LGN00_B5.TIF"
  FILE_NAME_BAND_6 = "LC81200652015165LGN00_B6.TIF"
  FILE_NAME_BAND_7 = "LC81200652015165LGN00_B7.TIF"
  FILE_NAME_BAND_8 = "LC81200652015165LGN00_B8.TIF"
  FILE_NAME_BAND_9 = "LC81200652015165LGN00_B9.TIF"
  FILE_NAME_BAND_10 = "LC81200652015165LGN00_B10.TIF"
  FILE_NAME_BAND_11 = "LC81200652015165LGN00_B11.TIF"
  FILE_NAME_BAND_QUALITY = "LC81200652015165LGN00_BQA.TIF"
  METADATA_FILE_NAME = "LC81200652015165LGN00_MTL.txt"
  BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20150614022319_20150614040236.01"
  BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20150614021922_20150614024938.01"
  CPF_NAME = "L8CPF20150401_20150630.03"
  RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20150303_20431231v11.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
  CLOUD_COVER = 1.42
  CLOUD_COVER_LAND = 1.52
  IMAGE_QUALITY_OLI = 9
  IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
  TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "NOMINAL"
  ROLL_ANGLE = -0.001
  SUN_AZIMUTH = 41.32468590
  SUN_ELEVATION = 48.93071119
  EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0156404
  GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 2
  GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 294
  GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 7.276
  GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 4.589
  GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.647
  GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 64
  GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 3.829
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 736.83362
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -60.84796
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 754.52661
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -62.30905
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 695.28979
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -57.41726
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 586.30756
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -48.41747
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 358.79099
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.62908
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 89.22805
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.36848
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.07463
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.48357
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 663.53876
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -54.79525
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 140.22365
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.57971
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
```

```

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2172E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2464E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1486E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6854E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9270E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4740E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9681E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.0961E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3164E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -60.86013

```

```

RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.32152
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.42874
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.42715
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.63500
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.36996
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.48407
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -54.80621
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.58203
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END

```

Perekaman 24 Juni 2013

GROUP = L1_METADATA_FILE

GROUP = METADATA_FILE_INFO

ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"

REQUEST_ID = "0101411031297_00001"

LANDSAT_SCENE_ID = "LC81200652013175LGN00"

FILE_DATE = 2014-11-04T02:54:51Z

STATION_ID = "LGN"

PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.4.0"

END_GROUP = METADATA_FILE_INFO

GROUP = PRODUCT_METADATA

DATA_TYPE = "L1T"

ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"

OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"

SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"

SENSOR_ID = "OLI_TIRS"

WRS_PATH = 120

WRS_ROW = 65

NADIR_OFFNADIR = "NADIR"

TARGET_WRS_PATH = 120

TARGET_WRS_ROW = 65

DATE_ACQUIRED = 2013-06-24

SCENE_CENTER_TIME = 02:50:03.1555533Z

CORNER_UL_LAT_PRODUCT = -6.23866

CORNER_UL_LON_PRODUCT = 109.01613

CORNER_UR_LAT_PRODUCT = -6.24240

CORNER_UR_LON_PRODUCT = 111.04972

CORNER_LL_LAT_PRODUCT = -8.22122

CORNER_LL_LON_PRODUCT = 109.00745

CORNER_LR_LAT_PRODUCT = -8.22615

CORNER_LR_LON_PRODUCT = 111.04994

CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 280500.000

CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -690000.000

CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 505500.000

CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -690000.000

CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 280500.000

CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = -909300.000

CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 505500.000

CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = -909300.000

PANCHROMATIC_LINES = 14621

PANCHROMATIC_SAMPLES = 15001

REFLECTIVE_LINES = 7311

REFLECTIVE_SAMPLES = 7501

THERMAL_LINES = 7311

THERMAL_SAMPLES = 7501

FILE_NAME_BAND_1 = "LC81200652013175LGN00_B1.TIF"

FILE_NAME_BAND_2 = "LC81200652013175LGN00_B2.TIF"

FILE_NAME_BAND_3 = "LC81200652013175LGN00_B3.TIF"

FILE_NAME_BAND_4 = "LC81200652013175LGN00_B4.TIF"

FILE_NAME_BAND_5 = "LC81200652013175LGN00_B5.TIF"

FILE_NAME_BAND_6 = "LC81200652013175LGN00_B6.TIF"

FILE_NAME_BAND_7 = "LC81200652013175LGN00_B7.TIF"

FILE_NAME_BAND_8 = "LC81200652013175LGN00_B8.TIF"

FILE_NAME_BAND_9 = "LC81200652013175LGN00_B9.TIF"

FILE_NAME_BAND_10 =
"LC81200652013175LGN00_B10.TIF"

FILE_NAME_BAND_11 =
"LC81200652013175LGN00_B11.TIF"

FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LC81200652013175LGN00_BQA.TIF"

METADATA_FILE_NAME =
"LC81200652013175LGN00_MTL.txt"

BPF_NAME_OLI =
"LO8BPF20130624022601_20130624025121.01"

BPF_NAME_TIRS =
"LT8BPF20130624004428_20130624025213.01"

CPF_NAME = "L8CPF20130401_20130627.08"

RLUT_FILE_NAME = "L8RLUT20130211_20431231v09.h5"

END_GROUP = PRODUCT_METADATA

GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES

CLOUD_COVER = 1.64

IMAGE_QUALITY_OLI = 9

IMAGE_QUALITY_TIRS = 9

ROLL_ANGLE = -0.001

SUN_AZIMUTH = 41.05932415
 SUN_ELEVATION = 48.92714932
 EARTH_SUN_DISTANCE = 1.0163724
 GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 2
 GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 300
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 7.136
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 4.654
 GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 5.410
 GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 64
 GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 4.339
 END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
 GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 735.77271
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -60.76035
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 753.44025
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -62.21934
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 694.28876
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -57.33459
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 585.46338
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -48.34776
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 358.27438
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -29.58642
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 89.09958
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.35787
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 30.03133
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.48000
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 662.58344
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -54.71635
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 140.02176
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -11.56304
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
 RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
 RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
 END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
 GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE

REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
 REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
 REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
 END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
 GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
 QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
 QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1

```

QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2155E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2446E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1469E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 9.6715E-03
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9185E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.4719E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 4.9610E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.0945E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.3131E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -60.77251
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -62.23179
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -57.34606
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -48.35743
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.59233
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.35934
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.48049
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -54.72730
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -11.56536
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.89
K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.89
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.08
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.14
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATUM = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 49
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH_UP"
RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END

```

Lampiran 3. Hasil Uji Normalitas Data

1. LST

NPar Tests Notes

Output Created		23-JAN-2017 21:22:19
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet3
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	501357
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax		NPART TESTS /K-S(NORMAL)=lst13 lst15 /MISSING ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,55
	Elapsed Time	00:00:00,55
	Number of Cases Allowed ^a	629145

a. Based on availability of workspace memory.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		lst13	lst15
N		501357	501357
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	24,41467371	25,04378089
	Std. Deviation	1,572196242	1,924470007
Most Extreme Differences	Absolute	,088	,059
	Positive	,043	,025
	Negative	-,088	-,059
Test Statistic		,088	,059
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c	,000 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

2. NDVI

NPar Tests Notes

Output Created		23-JAN-2017 21:11:23
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	589829
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each test are based on all cases with valid data for the variable(s) used in that test.
Syntax		NPART TESTS /K-S(NORMAL)=ndvi13 ndvi15 /MISSING ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,67
	Elapsed Time	00:00:00,67
	Number of Cases Allowed ^a	629145

a. Based on availability of workspace memory.

[DataSet1]

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		ndvi13	ndvi15
N		589829	589829
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,30808620	,30983346
	Std. Deviation	,092967387	,098520583
Most Extreme Differences	Absolute	,069	,069
	Positive	,044	,045
	Negative	-,069	-,069
Test Statistic		,069	,069
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000 ^c	,000 ^c

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

Lampiran 4. Hasil Uji-t

1. LST

T-Test Notes

Output Created		23-JAN-2017 21:22:41
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet3
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	501357
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=lst13 WITH lst15 (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,31
	Elapsed Time	00:00:00,31

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 lst13	24,41467371	501357	1,572196242	,002220410
lst15	25,04378089	501357	1,924470007	,002717926

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 lst13 & lst15	501357	,903	,000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 lst13 - lst15	-,629107179	,842802942	,001190289	-,631440107	-,626774250	-528,533	501356	,000

2. NDVI

T-Test Notes

Output Created		23-JAN-2017 21:12:40
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	589829
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST PAIRS=ndvi13 WITH ndvi15 (PAIRED) /CRITERIA=CI(.9500) /MISSING=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	00:00:00,34
	Elapsed Time	00:00:00,35

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	ndvi13	,30808620	589829	,092967387	,000121051
	ndvi15	,30983346	589829	,098520583	,000128281

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 ndvi13 & ndvi15	589829	,698	,000

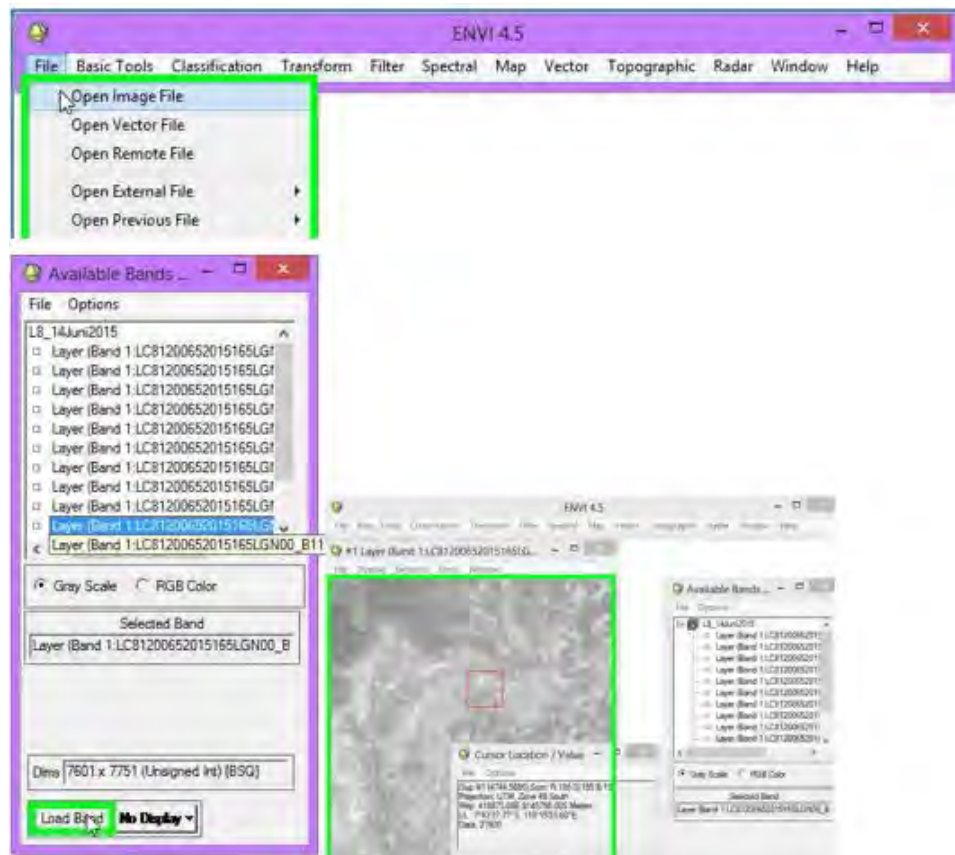
Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 ndvil3 - ndvil5	-,001747260	,07453269	,00009705	-,0019375	-,0015570	-18,00	58983	,000

Lampiran 5. Tahapan Transformasi Citra dan Analisis Data

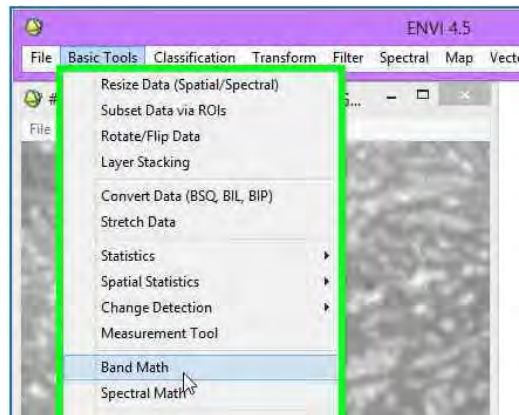
A. Transformasi Citra LST

Transformasi citra LST bertujuan untuk konversi atau merubah nilai piksel citra termal menjadi nilai suhu permukaan lahan. Transformasi ini diawali dengan membuka citra Landsat 8 TIRS *band* 10 menggunakan perangkat lunak pengolahan citra digital *ENVI 4.5*:



(Gambar 1. Tahapan membuka citra pada perangkat lunak *ENVI 4.5*)

Setelah, citra ditampilkan, konversi nilai piksel citra dapat dijalankan dengan fungsi *band math* pada *ENVI 4.5*.

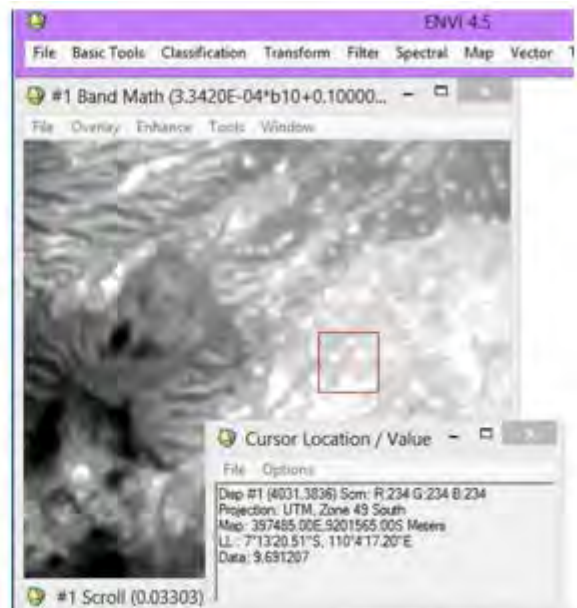
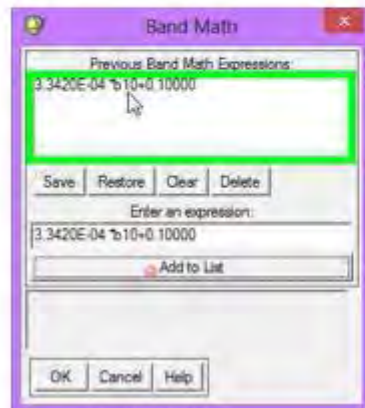


(Gambar2. Fungsi *band math* pada perangkat lunak ENVI 4.5)

Fungsi *band math* tersebut dijalankan pada tiap tahapan konversi nilai piksel citra, yang mana terbagi atas beberapa bagian, yaitu:

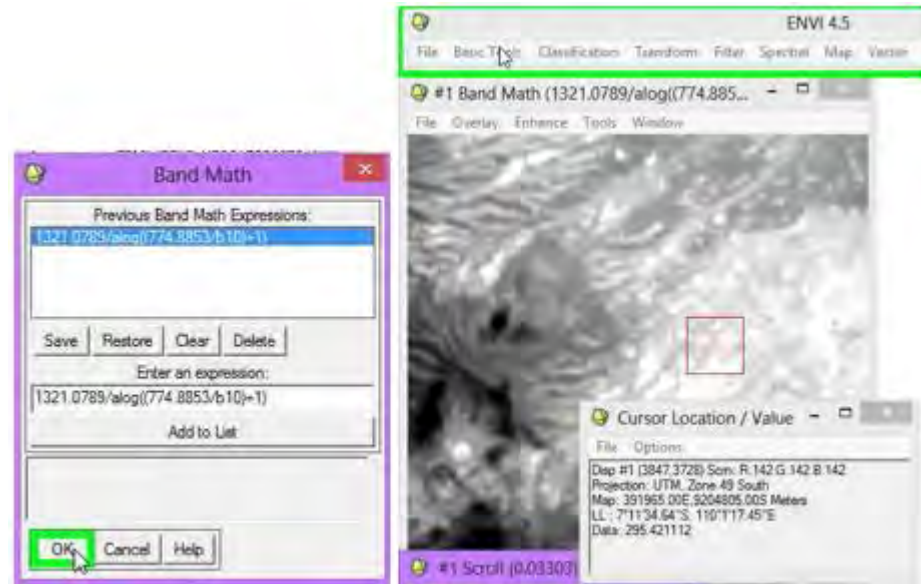
1. Konversi Nilai Piksel Menjadi Nilai TOA Radian

Konversi ini dapat dilakukan dengan memasukkan rumus TOA Radian, yaitu:



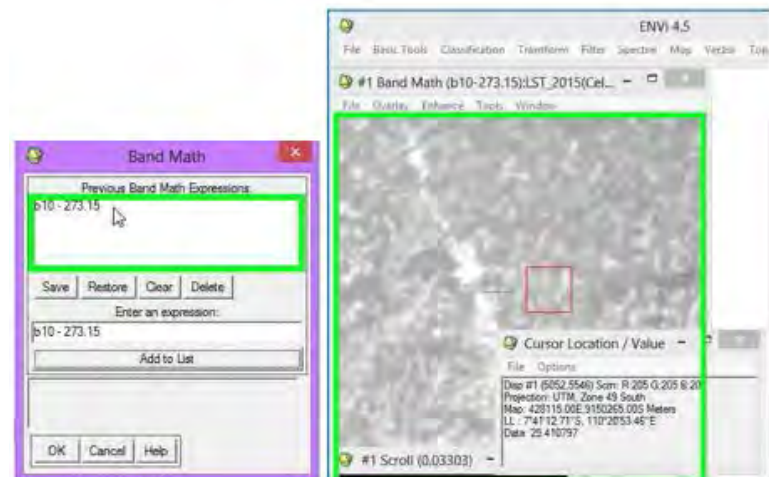
(Gambar 3. Konversi nilai piksel menjadi nilai TOA Radian)

2. Konversi nilai radian menjadi nilai suhu kecerahan yang memiliki satuan Kelvin:



(Gambar 4. Konversi nilai TOA Radian menjadi nilai temperature kecerahan)

3. Konversi nilai suhu kecerahan yang memiliki satuan Kelvin menjadi nilai suhu dengan derajat Celcius:



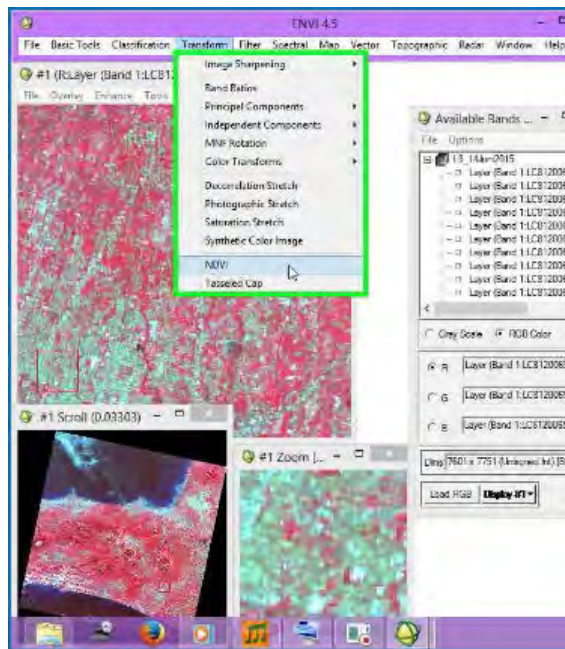
(Gambar 5. Konversi nilai suhu kecerahan bernilai derajat Kelvin menjadi nilai suhu berderajat Celcius)

4. Rangkaian tahapan ini dilakukan pada citra *LANDSAT 8 TIRS* tahun 2013 dan 2015 untuk kebutuhan penelitian, dan dibuka dengan bantuan perangkat lunak lain untuk analisis statistik lebih lanjut menggunakan *ILWIS* dan *SPSS 23*, serta dapat di- *export* dalam bentuk *shapefile* untuk kebutuhan pemetaan menggunakan *ARCGIS 10.1*.

B. Transformasi Citra NDVI

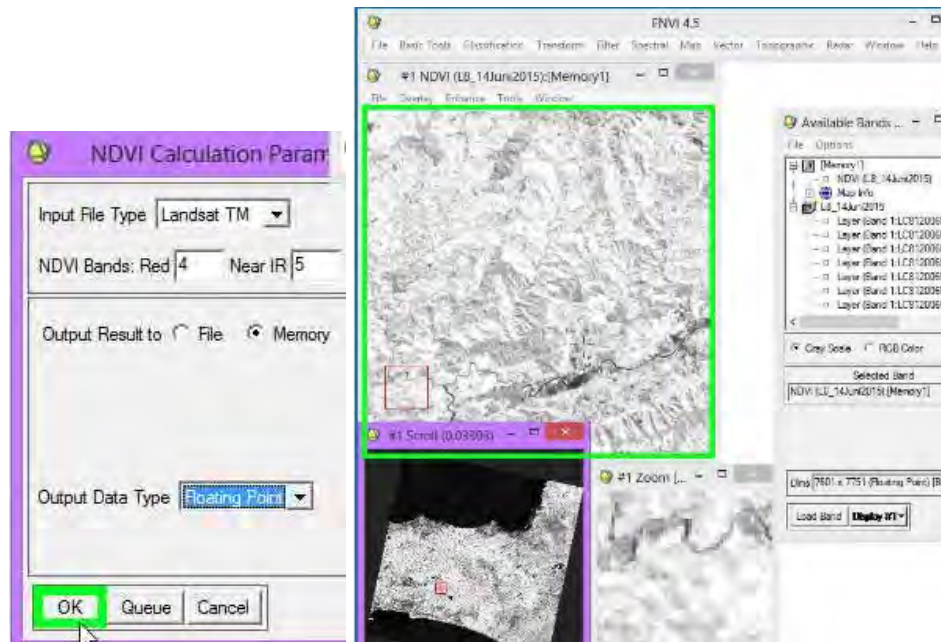
Transformasi NDVI merupakan aplikasi penginderaan jauh untuk merubah nilai spektral pada citra satelit menjadi nilai indeks kerapatan vegetasi. Dalam penginderaan jauh digital, transformasi NDVI untuk penelitian ini dapat dilakukan secara otomatis menggunakan aplikasi *ENVI 4.5*, dengan tahapan:

1. Membuka citra satelit *LANDSAT 8 OLI* pada perangkat lunak *ENVI 4.5*.
2. Menjalankan fungsi kalkulasi NDVI pada perangkat lunak *ENVI 4.5*



(Gambar 6. Menjalankan fungsi NDVI pada perangkat lunak *ENVI 4.5*)

3. Menentukan saluran Merah dan Inframerah dekat yang dimiliki oleh citra Landsat 8 OLI, di mana saluran merah pada citra terdapat di *band* 4 dan saluran inframerah dekat terdapat di *band* 5.



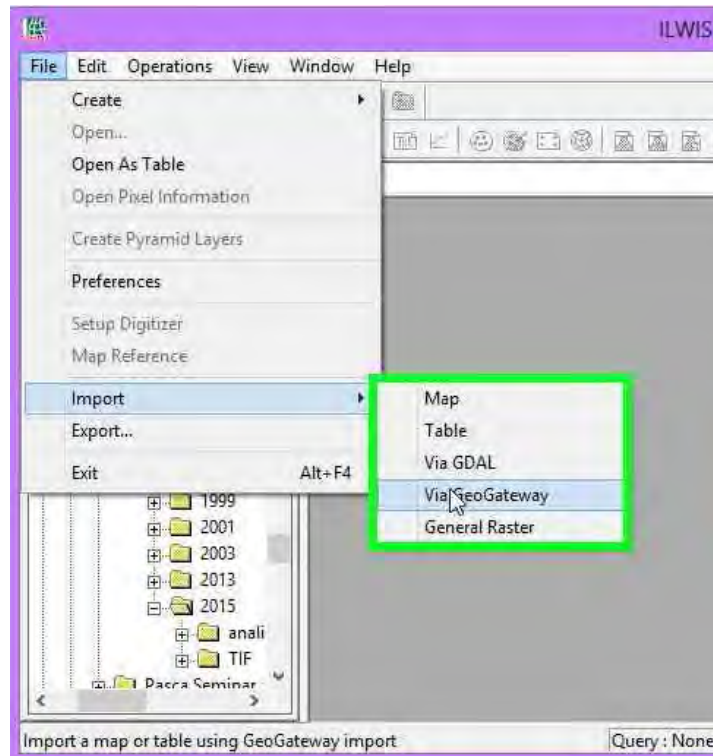
(Gambar 7. Menentukan saluran NDVI pada perangkat lunak ENVI 4.5)

5. Rangkaian tahapan ini dilakukan pada citra *LANDSAT 8 OLI* tahun 2013 dan 2015 untuk kebutuhan penelitian, dan dibuka dengan bantuan perangkat lunak lain untuk analisis statistik lebih lanjut menggunakan *ILWIS* dan *SPSS 23*, serta dapat di- *export* dalam bentuk *shapefile* untuk kebutuhan pemetaan menggunakan *ARCGIS 10.1*.

C. Analisis Statistik Deskriptif untuk Pikel Citra

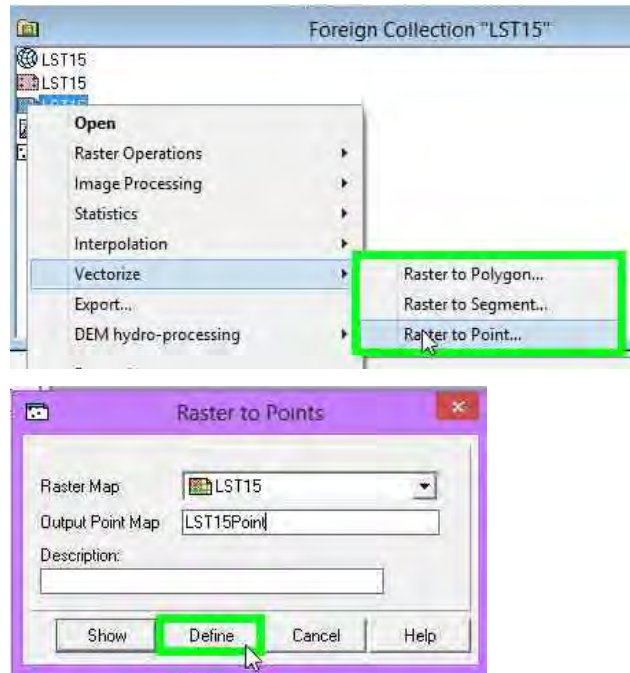
Analisis statistik ini dilakukan untuk mengetahui kecenderungan nilai yang dimiliki pada tiap kelas suhu permukaan lahan dan nilai indeks vegetasi hasil transformasi citra, untuk kemudian dapat dianalisis menggunakan pendekatan temporal. Analisis ini membutuhkan bantuan perangkat lunak ILWIS dan *SPSS 23* di samping perangkat lunak *ENVI 4.5*.

1. Hasil transformasi citra dari perangkat lunak *ENVI 4.5* dibuka menggunakan perangkat lunak ILWIS dengan fungsi import via GeoGateway:



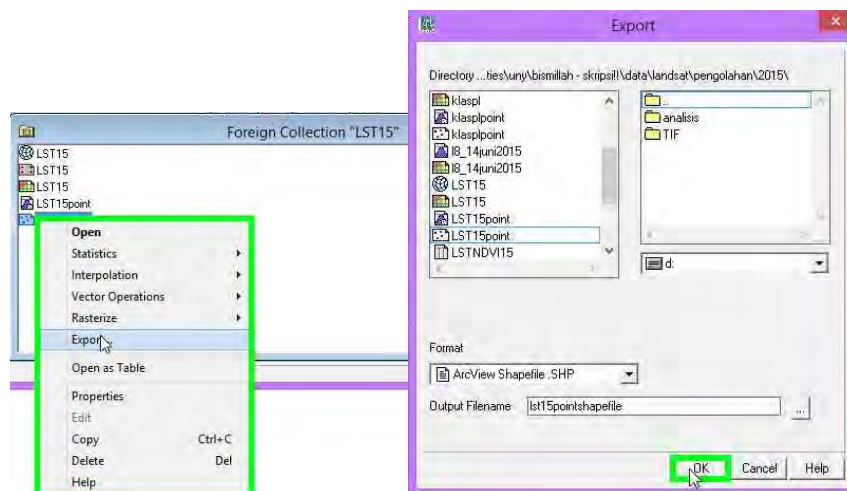
(Gambar 8. Membuka data citra transformasi di perangkat lunak *ILWIS*)

2. Setelah tahapan import tersebut, citra tersimpan dalam format yang terbaca oleh perangkat lunak ILWIS dan dapat dilanjutkan untuk keperluan vektorisasi citra yang berupa data raster menjadi data vektor berbentuk *point*.



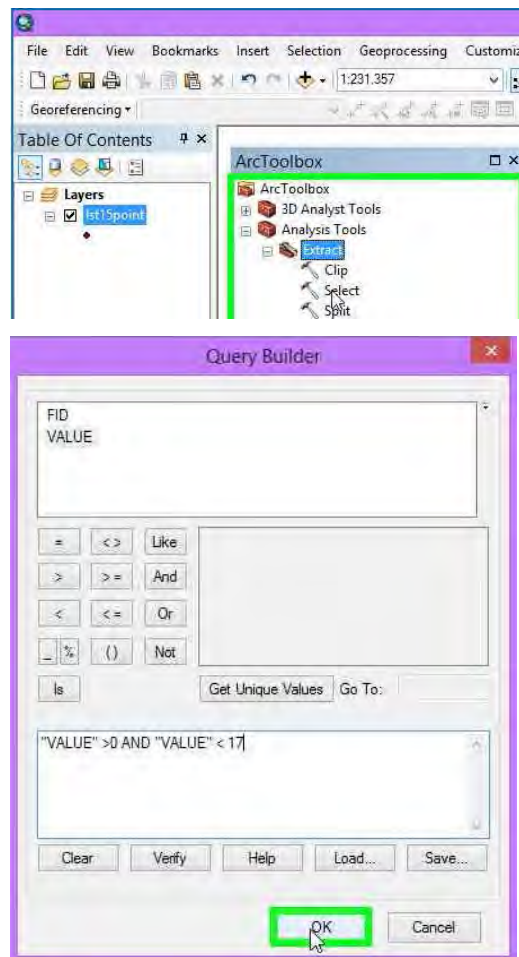
(Gambar 9. Menjalankan vektorisasi data)

3. Setelah data berbentuk *point* vektor, data tersebut dapat dibuka menggunakan perangkat lunak *ARCGIS 10.1* untuk keperluan analisis SIG yang menjembatani antara data penginderaan jauh menjadi data statistik spasial.



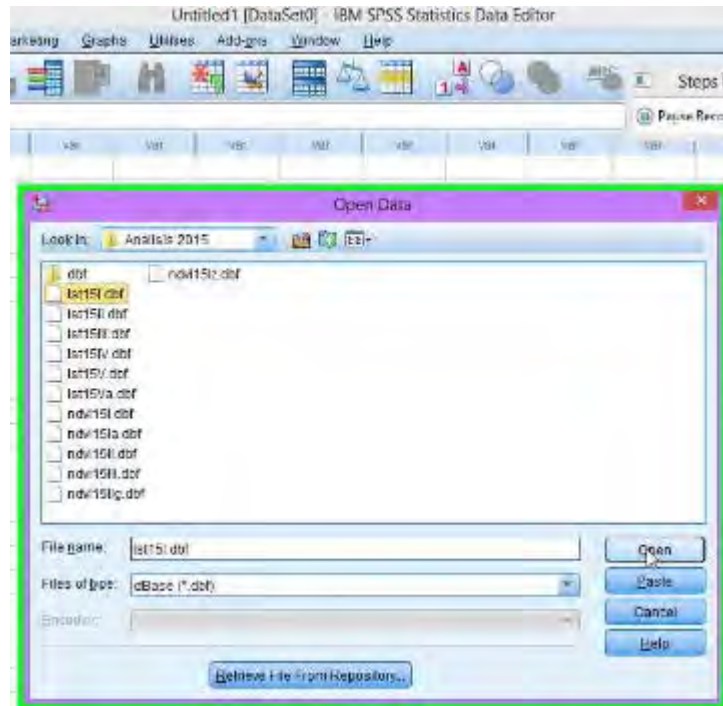
(Gambar 10. Eksport data)

4. Data *point* vektor tersebut kemudian dibuka menggunakan perangkat lunak *ARCGIS 10.1* dan diberikan informasi tambahan atribut berupa koordinat X dan Y dari seluruh *point* yang berasal dari piksel citra satelit.
5. Ekstraksi data dilakukan pada tiap kelas pengelompokkan nilai yang diinginkan, agar data dapat berdiri sendiri berdasarkan klasifikasinya.



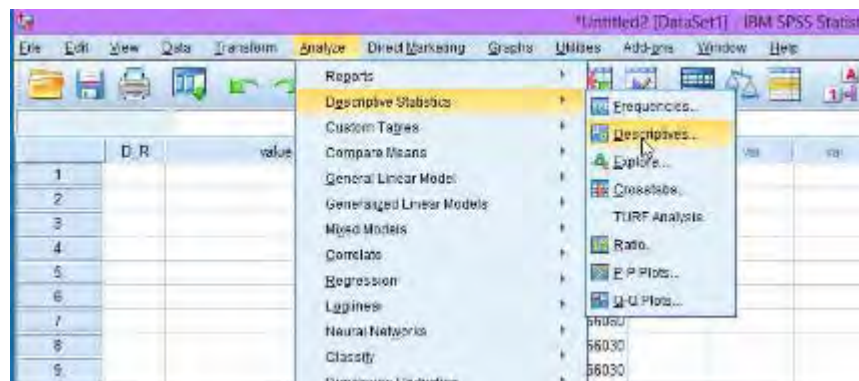
(Gambar 11. Memilih data per kelas)

6. Ulangi langkah untuk tiap kelas pada tiap variabel yang diekstraksi dari hasil transformasi LST dan NDVI.
7. Langkah berikutnya adalah membuka database dari hasil ekstraksi tersebut menggunakan perangkat lunak *SPSS 23*.



(Gambar 12. Membuka data .dbf di SPSS)

8. Data yang telah dibuka dapat digunakan untuk analisis statistik deskriptif, sehingga mengetahui nilai minimum dan maksimum piksel pada tiap kelas variabel.

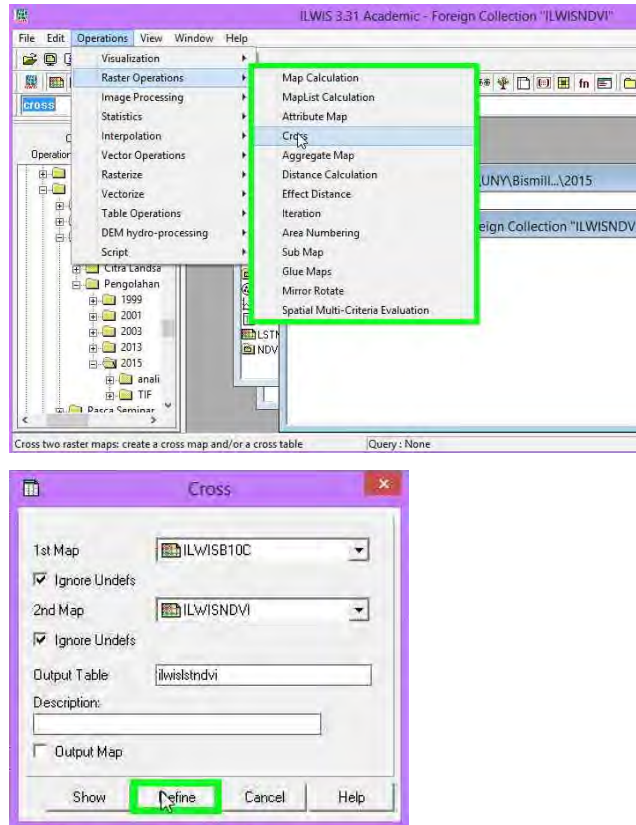


(Gambar 13. Analisis deskriptif data)

9. Langkah tersebut diulangi untuk tiap kelas pada tiap variabel yang dibutuhkan pada penelitian.

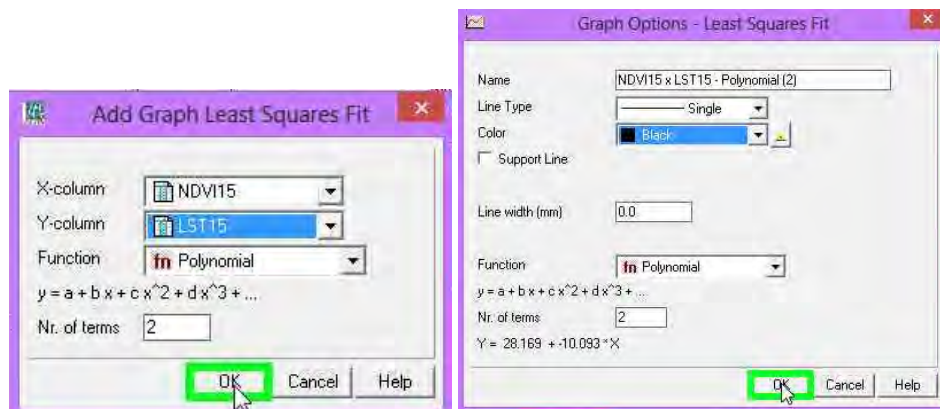
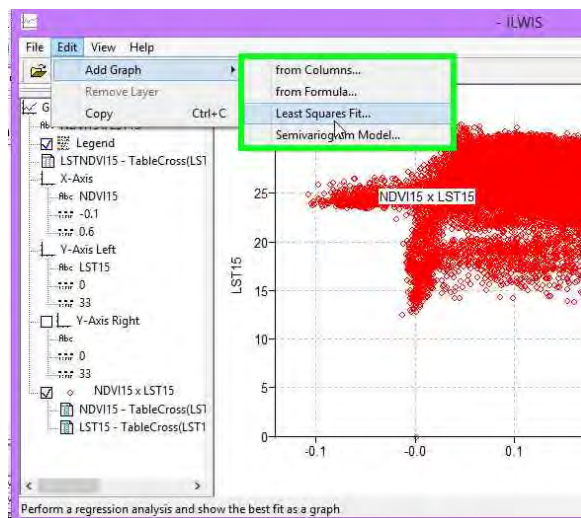
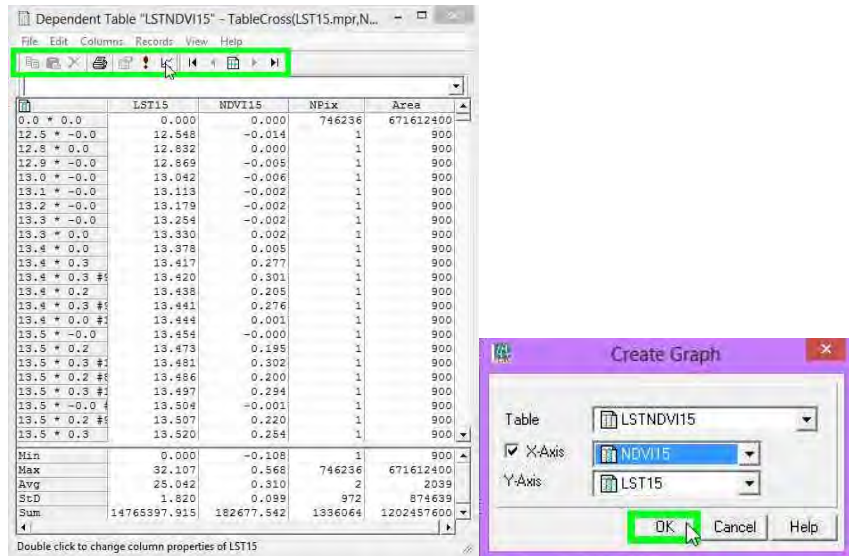
D. Analisis Statistik Korelasi NDVI dan LST

1. Buka citra yang akan dikorelasikan menggunakan software ILWIS, dan jalankan fungsi cross untuk membuat tabel silang kedua citra tersebut.



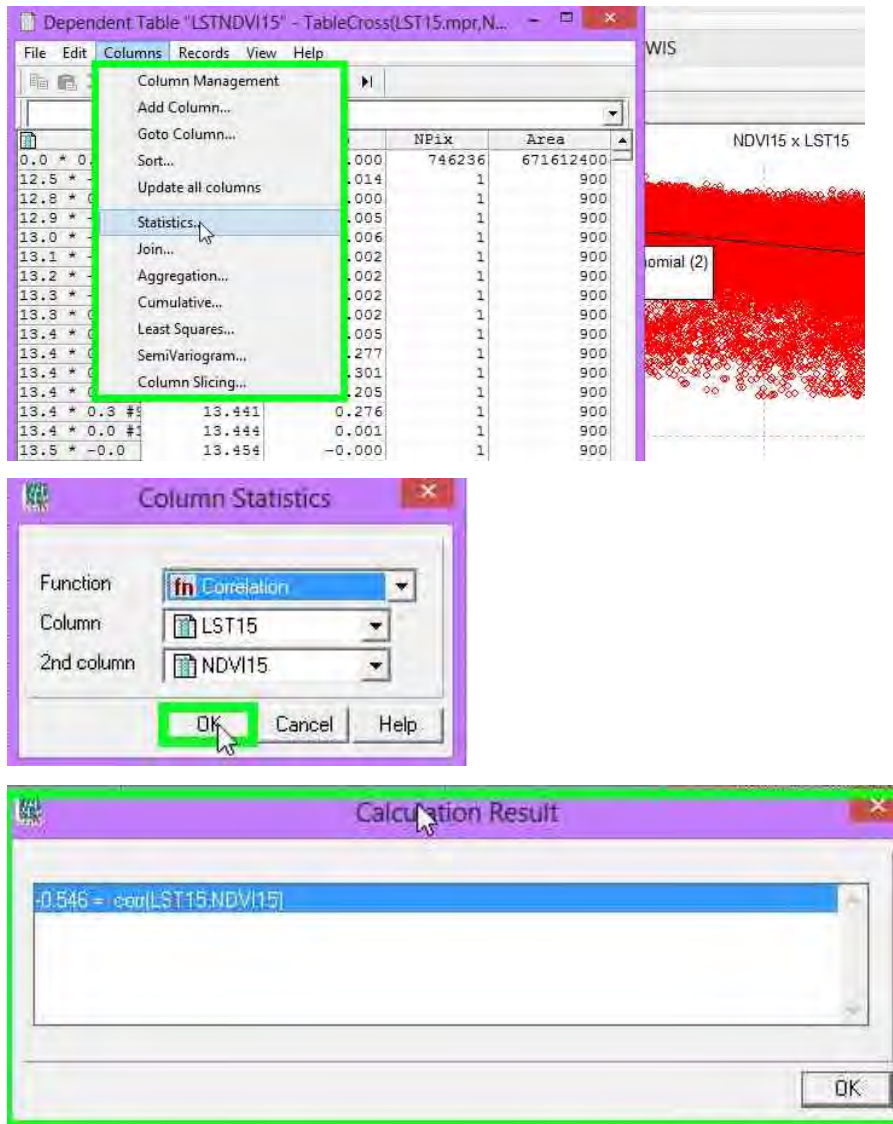
(Gambar 14. Membuat tabel silang)

2. Hasil *cross* data penginderaan jauh berupa tabel yang memiliki informasi atribut dari variabel yang dibutuhkan dalam analisis korelasi. Tabel tersebut dapat ditampilkan secara visual berupa *scattergram*, dengan memilih tools *Graph*.



(Gambar 15. Merancang grafik dari data)

- Korelasi dari data dapat diketahui dengan menggunakan fungsi statistik korelasi pada perangkat lunak ILWIS.



(Gambar 16. Menghitung nilai korelasi spasial)

- Langkah analisis ini diulangi pada tahun penelitian yang berbeda sesuai kebutuhan penelitian.

Lampiran 6. Hasil Cross Data LST dan NDVI Tahun 2013 dan 2015

Dependent Table "NDVILST13" - TableCross(LST13.mpr,NDVI13.mpr,NDVILST13,IgnoreUndefs) - ILWIS				
File Edit Columns Records View Help				
	LST13	NDVI13	NPix	Area
0.0 * 0.0	0.000	0.000	746236	671612400
10.5 * -0.0	10.523	-0.006	1	900
10.5 * -0.0 #	10.545	-0.012	1	900
10.6 * -0.0	10.580	-0.025	1	900
10.6 * -0.0 #	10.635	-0.013	1	900
10.7 * -0.0 #	10.681	-0.007	1	900
10.7 * -0.0	10.702	-0.006	1	900
10.7 * -0.0 #	10.732	-0.011	1	900
10.7 * -0.0 #	10.735	-0.013	1	900
10.8 * -0.0	10.773	-0.010	1	900
10.8 * -0.0 #	10.800	-0.009	1	900
10.8 * -0.0 #	10.827	-0.006	1	900
10.8 * -0.0 #	10.846	-0.005	1	900
10.9 * -0.0	10.868	-0.011	1	900
10.9 * -0.0 #	10.881	-0.008	1	900
10.9 * -0.0 #	10.884	-0.006	1	900
10.9 * -0.0 #	10.914	-0.009	1	900
10.9 * -0.0 #	10.935	-0.005	1	900
10.9 * -0.0 #	10.946	-0.007	1	900
11.0 * -0.0	10.981	-0.004	1	900
11.0 * -0.0 #	10.997	-0.010	1	900
11.0 * -0.0 #	11.005	-0.004	1	900
11.0 * -0.0 #	11.022	-0.010	1	900
11.0 * -0.0 #	11.024	-0.007	1	900
11.0 * -0.0 #	11.030	-0.012	1	900
11.0 * -0.0 #	11.046	-0.009	1	900
11.1 * -0.0	11.068	-0.004	1	900
11.1 * -0.0 #	11.105	-0.006	1	900
11.1 * -0.0 #	11.116	-0.011	1	900
11.1 * -0.0 #	11.119	-0.008	1	900
11.1 * -0.0 #	11.140	-0.008	1	900
Min	0.000	-0.134	1	900
Max	31.059	0.585	746236	671612400
Avg	24.401	0.308	2	2039
StD	1.483	0.093	972	874512
Sum	14391668.426	181707.957	1336064	1202457600

(Gambar 17. Hasil tabel silang sejumlah 746236 data dari tahun 2013)

Dependent Table "LSTNDVI15" - TableCross(LST15.mpr,NDVI15.mpr,LSTNDVI15map,IgnoreUndefs) - ILWIS					
File Edit Columns Records View Help					
	LST15	NDVI15	NPix	Area	
0.0 * 0.0	0.000	0.000	746236	671612400	
12.5 * -0.0	12.548	-0.014	1	900	
12.8 * 0.0	12.832	0.000	1	900	
12.9 * -0.0	12.869	-0.005	1	900	
13.0 * -0.0	13.042	-0.006	1	900	
13.1 * -0.0	13.113	-0.002	1	900	
13.2 * -0.0	13.179	-0.002	1	900	
13.3 * -0.0	13.254	-0.002	1	900	
13.3 * 0.0	13.330	0.002	1	900	
13.4 * 0.0	13.378	0.005	1	900	
13.4 * 0.3	13.417	0.277	1	900	
13.4 * 0.3 #9	13.420	0.301	1	900	
13.4 * 0.2	13.438	0.205	1	900	
13.4 * 0.3 #9	13.441	0.276	1	900	
13.4 * 0.0 #2	13.444	0.001	1	900	
13.5 * -0.0	13.454	-0.000	1	900	
13.5 * 0.2	13.473	0.195	1	900	
13.5 * 0.3 #1	13.481	0.302	1	900	
13.5 * 0.2 #6	13.486	0.200	1	900	
13.5 * 0.3 #1	13.497	0.294	1	900	
13.5 * -0.0 #	13.504	-0.001	1	900	
13.5 * 0.2 #9	13.507	0.220	1	900	
13.5 * 0.3	13.520	0.254	1	900	
13.5 * 0.2 #9	13.526	0.206	1	900	
13.5 * 0.3 #1	13.533	0.274	1	900	
13.5 * 0.3 #1	13.539	0.306	1	900	
13.5 * 0.0	13.544	0.005	1	900	
13.5 * 0.3 #1	13.544	0.299	1	900	
13.6 * 0.3	13.552	0.277	1	900	
13.6 * 0.2	13.557	0.208	1	900	
13.6 * 0.2 #1	13.564	0.241	1	900	
Min	0.000	-0.108	1	900	
Max	32.107	0.568	746236	671612400	
Avg	25.042	0.310	2	2039	
StD	1.820	0.099	972	874639	
Sum	14765397.915	182677.542	1336064	1202457600	

(Gambar 18. Hasil tabel silang sejumlah 746236 data dari tahun 2015)

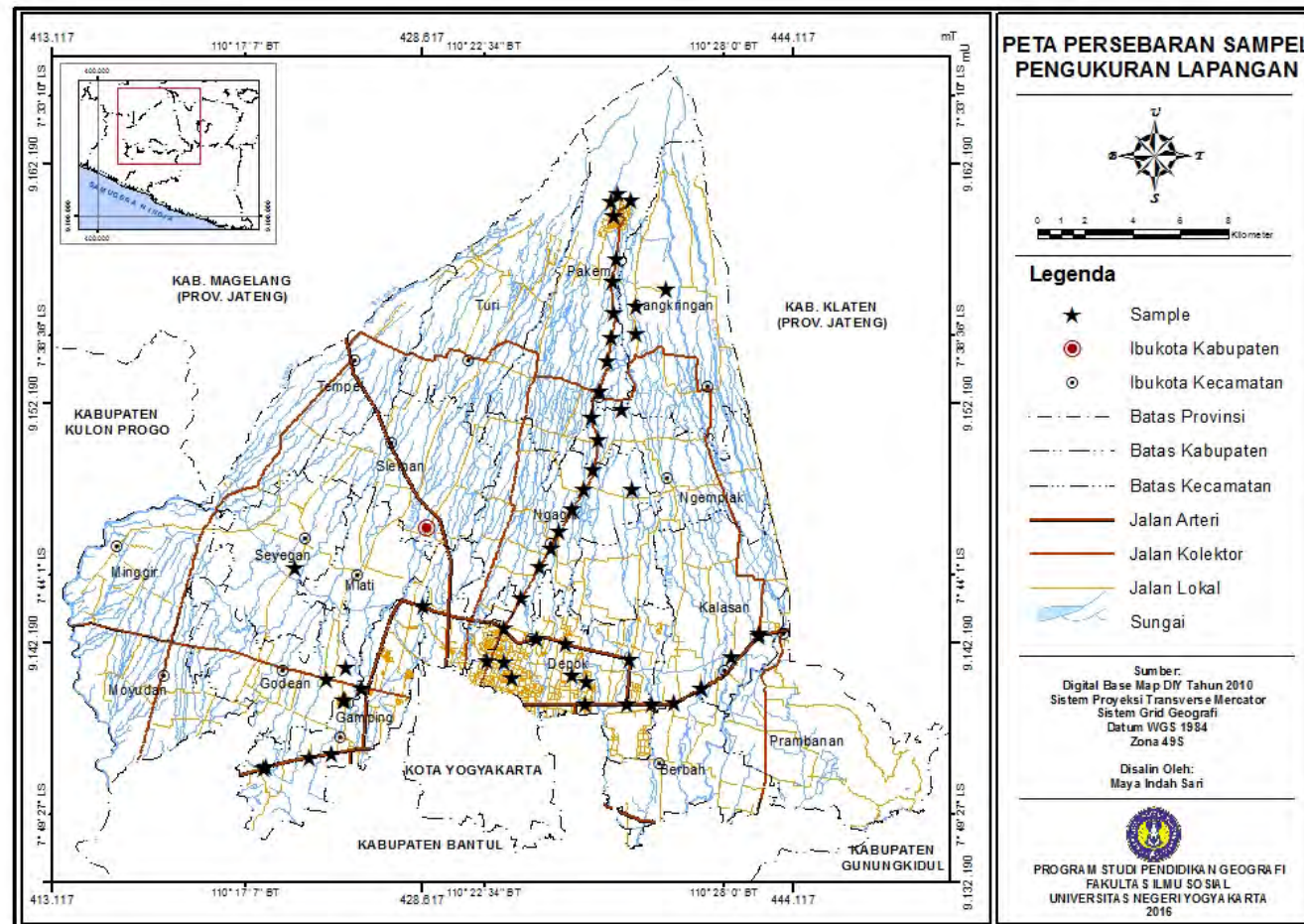
Tabel 1. Sampel Hasil Tabel Silang dari Tahun 2013 dan 2015

No	Koordinat		Data Silang			
	X	Y	LST 2013	NDVI 2013	LST 2015	NDVI 2015
1	423266	9145316	24,8	0,29	25,5	0,32
2	424843	9137555	25,9	0,13	27,3	0,12
3	423916	9137403	26,4	0,16	27,1	0,18
4	421966	9136927	24,6	0,26	25,8	0,24
5	422112	9136998	24,8	0,32	25,5	0,36
6	424622	9140675	26,7	0,15	27	0,18
7	425420	9141147	25,5	0,22	26,6	0,3
8	425337	9139772	27,6	0,19	29,1	0,18
9	426062	9140269	25,9	0,29	26,9	0,38
10	428621	9143737	24,4	0,17	24,9	0,25
11	432027	9142798	27,9	0,16	28,7	0,19
12	432755	9144029	26,5	0,26	28,3	0,28
13	433522	9145372	26,7	0,26	27,6	0,28
14	433985	9146150	25,5	0,13	27	0,13
15	434349	9146866	26,6	0,37	27,6	0,35
16	434897	9147760	24,1	0,34	24,9	0,26
17	435372	9148577	25,4	0,3	26,3	0,25
18	435749	9149425	25,25	0,36	26,1	0,32
19	435954	9150658	25,5	0,24	27,4	0,26
20	435724	9151609	24,2	0,35	24,9	0,41
21	436016	9152716	27,6	0,09	28,7	0,09
22	436364	9153930	24,4	0,27	25,3	0,23
23	436533	9154949	24,6	0,32	25,8	0,29
24	436624	9155950	23,5	0,23	24,9	0,17
25	436583	9157264	22,9	0,31	23,9	0,3
26	436725	9158196	22,4	0,35	23,3	0,33
27	436627	9159993	24,6	0,23	24,5	0,19
28	436627	9159993	24,6	0,23	24,5	0,19
29	436494	9160607	20,7	0,27	21,5	0,29
30	436786	9160952	19,8	0,15	20,1	0,15
31	437351	9160697	21,3	0,13	21	0,26
32	438820	9156981	23	0,28	23,8	0,29

No	Koordinat		Data Silang			
	X	Y	LST 2013	NDVI 2013	LST 2015	NDVI 2015
33	437568	9156238	21,3	0,13	23,1	0,31
34	437547	9155076	22,7	0,34	23,5	0,32
35	436973	9151906	23,7	0,41	25,1	0,28
36	437409	9148618	25,3	0,31	21,3	0,32
37	437285	9141482	26,8	0,11	28,5	0,09
38	437159	9139624	27,9	0,08	29,2	0,05
39	438207	9139601	26,3	0,14	27	0,09
40	439148	9139692	27,1	0,18	27,9	0,2
41	440303	9140297	25,9	0,21	26,5	0,23
42	440303	9140297	25,9	0,21	26,5	0,23
43	441567	9141569	25,2	0,36	25,8	0,35
44	442701	9142579	26,4	0,29	26,8	0,33
45	442719	9142461	26,8	0,16	27,4	0,16
46	435414	9139632	27,7	0,05	29,1	0,05
47	435509	9140580	27,1	0,11	28,7	0,12
48	434861	9140849	25,9	0,07	27,6	0,06
49	434600	9142126	28	0,12	29,9	0,09
50	433418	9142340	26,9	0,08	28,7	0,06
51	432382	9140738	26,9	0,09	28,4	0,12
52	432026	9141401	25,7	0,31	26,3	0,29
53	431321	9141442	26,5	0,16	27,3	0,16

Sumber: Pengolahan data, 2016

Lampiran 7. Peta Lokasi Titik Sampel Lapangan



Gambar 20. Peta persebaran lokasi sampel pengukuran lapangan

Lampiran 8. Data Lengkap Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman

Tabel 2. Penggunaan Lahan Kabupaten Sleman Tahun 2010

No	Kecamatan	Permukiman		Gedung		Sawah Irigasi		Sawah Tadah Hujan		Tegal		Kebun Campuran		Hutan		Semak/ Belukar		Lahan Terbuka		Tubuh Perairan		Luas	
		Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	Ha	Persentase	(Ha)	Persentase
1	Berbah	643,65	22,00%	3,07	0,11%	1676,13	57,30%	0,00	0,00%	370,04	12,65%	177,62	6,07%	0,00	0,00%	29,05	0,99%	9,45	0,32%	15,99	0,55%	2925,00	5,09%
2	Cangkringan	383,70	14,30%	0,49	0,02%	766,32	28,55%	0,00	0,00%	400,27	14,91%	846,22	17,27%	0,69	0,03%	275,75	10,27%	0,00	0,00%	10,57	0,39%	2684,00	4,67%
3	Depok	1215,65	44,01%	151,11	5,47%	744,90	26,97%	0,00	0,00%	269,26	9,75%	117,04	2,39%	0,00	0,00%	261,58	9,47%	1,53	0,06%	0,92	0,03%	2762,00	4,80%
4	Gamping	966,56	35,44%	2,25	0,08%	1231,03	45,14%	0,00	0,00%	139,70	5,12%	361,60	7,38%	0,00	0,00%	20,08	0,74%	0,00	0,00%	5,77	0,21%	2727,00	4,74%
5	Godean	905,84	34,02%	0,51	0,02%	1532,90	57,56%	0,00	0,00%	26,21	0,98%	184,51	3,77%	0,00	0,00%	11,17	0,42%	0,00	0,00%	1,86	0,07%	2663,00	4,63%
6	Kalasan	805,35	28,24%	2,82	0,10%	1733,52	60,78%	0,00	0,00%	150,89	5,29%	117,89	2,41%	0,00	0,00%	33,39	1,17%	0,00	0,00%	8,15	0,29%	2852,00	4,96%
7	Minggir	1135,18	31,93%	0,45	0,01%	2078,60	58,47%	3,78	0,11%	62,59	1,76%	206,44	4,21%	0,00	0,00%	3,64	0,10%	0,00	0,00%	64,33	1,81%	3555,00	6,18%
8	Mlati	923,20	40,16%	1,47	0,06%	1129,00	49,11%	0,00	0,00%	63,38	2,76%	149,54	3,05%	0,00	0,00%	28,73	1,25%	0,00	0,00%	3,67	0,16%	2299,00	4,00%
9	Moyudan	1287,01	31,12%	0,51	0,01%	2213,37	53,53%	34,26	0,83%	136,25	3,29%	395,32	8,07%	0,00	0,00%	14,03	0,34%	0,00	0,00%	54,25	1,31%	4135,00	7,19%
10	Ngaglik	1235,18	34,46%	1,90	0,05%	2045,88	57,08%	0,00	0,00%	172,19	4,80%	114,38	2,33%	0,00	0,00%	14,48	0,40%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	3584,00	6,23%
11	Ngemplak	955,24	26,75%	1,01	0,03%	2251,71	63,06%	0,00	0,00%	173,91	4,87%	156,25	3,19%	0,00	0,00%	32,45	0,91%	0,00	0,00%	0,42	0,01%	3571,00	6,21%
12	Pakem	629,99	16,35%	0,52	0,01%	1384,75	35,95%	0,73	0,02%	307,46	7,98%	281,17	5,74%	682,32	17,71%	485,02	12,59%	79,99	2,08%	0,06	0,00%	3852,00	6,70%
13	Prambanan	447,26	14,28%	1,76	0,06%	806,22	25,74%	295,04	9,42%	1149,38	36,70%	140,45	2,87%	0,00	0,00%	273,07	8,72%	5,88	0,19%	12,94	0,41%	3132,00	5,45%
14	Seyegan	1043,64	32,12%	0,44	0,01%	1959,52	60,31%	0,00	0,00%	12,78	0,39%	216,94	4,43%	0,00	0,00%	15,69	0,48%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	3249,00	5,65%
15	Sleman	1331,01	30,89%	17,17	0,40%	2634,89	61,15%	102,96	2,39%	16,05	0,37%	187,82	3,83%	0,00	0,00%	17,81	0,41%	0,00	0,00%	1,30	0,03%	4309,00	7,50%
16	Tempel	1197,29	27,31%	4,57	0,10%	1293,20	29,50%	1268,55	28,94%	97,76	2,23%	449,27	9,17%	0,00	0,00%	9,86	0,22%	61,75	1,41%	1,76	0,04%	4384,00	7,63%
17	Turi	1002,58	20,89%	10,17	0,21%	1657,18	34,53%	174,05	3,63%	806,42	16,80%	797,85	16,28%	0,87	0,02%	349,09	7,27%	0,00	0,00%	0,79	0,02%	4799,00	8,35%
Jumlah		16108,30	28,02%	200,22	0,35%	27139,11	47,21%	1879,36	3,27%	4354,52	7,58%	4900,33	8,52%	683,87	1,19%	1874,89	3,26%	158,60	0,28%	182,79	0,32%	57482,00	100,00%

Sumber: Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman 2011 - 2031

Tabel 3. Jenjang Pendidikan Penduduk di Kabupaten Sleman Tahun 2015

No	Kecamatan	Tidak Sekolah		Belum Tamat SD/ MI		Tamat SD/ MI		SMP/ MTs		SMA/SMK/MA		Diploma I/II		Akademi/ Diploma III		Diploma IV/ Strata I		Strata II		Strata III		Jumlah	
		Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase	Jiwa	Persentase
1	Berbah	18638	19,35%	10173	10,56%	15173	15,76%	12587	13,07%	26948	27,98%	874	0,91%	2862	2,97%	8086	8,40%	849	0,88%	114	0,12%	96304	100,00%
2	Cangkringan	13322	18,28%	7873	10,80%	11300	15,51%	9396	12,89%	21713	29,80%	671	0,92%	2078	2,85%	5849	8,03%	588	0,81%	82	0,11%	72872	100,00%
3	Depok	5222	15,59%	3552	10,60%	4796	14,32%	3629	10,83%	11475	34,25%	561	1,67%	1053	3,14%	3043	9,08%	150	0,45%	18	0,05%	33499	100,00%
4	Gamping	6073	17,84%	4526	13,29%	5327	15,64%	4007	11,77%	10080	29,60%	462	1,36%	970	2,85%	2475	7,27%	120	0,35%	11	0,03%	34051	100,00%
5	Godean	9224	18,32%	6106	12,12%	8910	17,69%	7056	14,01%	15231	30,24%	437	0,87%	1041	2,07%	2204	4,38%	141	0,28%	11	0,02%	50361	100,00%
6	Kalasan	17131	18,08%	10855	11,46%	12550	13,25%	12178	12,86%	28120	29,69%	879	0,93%	2945	3,11%	8802	9,29%	1123	1,19%	144	0,15%	94727	100,00%
7	Minggir	22190	18,26%	10334	8,50%	10522	8,66%	12150	10,00%	37217	30,63%	1654	1,36%	5920	4,87%	18318	15,08%	2742	2,26%	458	0,38%	121505	100,00%
8	Mlati	8342	16,08%	6014	11,59%	7625	14,70%	7584	14,62%	16955	32,68%	488	0,94%	1346	2,59%	3220	6,21%	282	0,54%	23	0,04%	51879	100,00%
9	Moyudan	11582	21,74%	4485	8,42%	8858	16,63%	7719	14,49%	17559	32,97%	186	0,35%	849	1,59%	1900	3,57%	117	0,22%	10	0,02%	53265	100,00%
10	Ngaglik	13671	17,46%	8876	11,33%	9952	12,71%	11287	14,41%	23861	30,47%	751	0,96%	2583	3,30%	6458	8,25%	765	0,98%	109	0,14%	78313	100,00%
11	Ngemplak	10710	18,15%	6436	10,90%	6834	11,58%	7029	11,91%	19045	32,27%	448	0,76%	1925	3,26%	5663	9,60%	779	1,32%	151	0,26%	59020	100,00%
12	Pakem	17476	18,45%	9128	9,64%	10430	11,01%	10451	11,03%	28236	29,81%	881	0,93%	3827	4,04%	12110	12,79%	1757	1,86%	416	0,44%	94712	100,00%
13	Prambanan	12293	18,17%	7384	10,91%	9519	14,07%	9708	14,35%	21289	31,46%	630	0,93%	1910	2,82%	4544	6,72%	349	0,52%	40	0,06%	67666	100,00%
14	Seyegan	10134	19,30%	6370	12,13%	8196	15,61%	8286	15,78%	15520	29,55%	504	0,96%	1055	2,01%	2313	4,40%	135	0,26%	7	0,01%	52520	100,00%
15	Sleman	6643	18,33%	3914	10,80%	5783	15,96%	5137	14,18%	11675	32,22%	348	0,96%	750	2,07%	1904	5,25%	76	0,21%	6	0,02%	36236	100,00%
16	Tempel	6339	17,49%	4009	11,06%	5140	14,18%	4584	12,64%	11834	32,64%	407	1,12%	1186	3,27%	2583	7,12%	155	0,43%	16	0,04%	36253	100,00%
17	Turi	5234	16,99%	3439	11,17%	6232	20,23%	4439	14,41%	9328	30,28%	271	0,88%	497	1,61%	1283	4,17%	76	0,25%	2	0,01%	30801	100,00%
Jumlah		194224	18,25%	113474	10,67%	147147	13,83%	137227	12,90%	326086	30,65%	10452	0,98%	32797	3,08%	90755	8,53%	10204	0,96%	1618	0,15%	1063984	100,00%

Lampiran 9. Dokumentasi Data Sampel Menurut Suhu Permukaan Lahan

1. Suhu Permukaan Lahan Sangat Tinggi ($> 33^{\circ}\text{C}$)

Tidak ada data

2. Suhu Permukaan Lahan Tinggi ($28,0 - 32,9^{\circ}\text{C}$)



Gambar 22. Sampel ID 39 yang berlokasi di persimpangan Ringroad Timur, memiliki suhu $30,13^{\circ}\text{C}$

3. Suhu Permukaan Lahan Sedang ($23 - 27,9^{\circ}\text{C}$)



Gambar 23. Sampel ID 33 yang berlokasi di Merapi Golf, memiliki suhu $26,9^{\circ}\text{C}$

4. Suhu Permukaan Lahan Rendah (17 – 22,9° C)



Gambar 24. Sampel ID 31 yang berlokasi di Taman Nasional Gunung Merapi, memiliki suhu 17,1° C

5. Suhu Permukaan Lahan Sangat Rendah (<17° C)



Gambar 25. Sampel ID 30 yang berlokasi di Taman Nasional Gunung Merapi, memiliki suhu 12,8° C