



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

**ANALISIS FUSI DATA MULTI SENSOR MENGGUNAKAN
ALGORITMA SPATIAL AND TEMPORAL ADAPTIVE
REFLECTANCE FUSION MODEL (STUDI KASUS :
WORLDVIEW-3 DAN LANDSAT 8)**

KARISMA RIZKIKA
NRP 0331144000020

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani S.T., M.Sc.,Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RG 141536

**ANALISIS FUSI DATA MULTI SENSOR
MENGUNAKAN ALGORITMA SPATIAL
AND TEMPORAL ADAPTIVE
REFLECTANCE FUSION MODEL (STUDI
KASUS : WORLDVIEW-3 DAN LANDSAT 8)**

Karisma Rizkika
NRP 0331144000020

Dosen Pembimbing
Lalu Muhamad Jaelani ST., M.Sc.,Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

**MULTI SENSOR DATA FUSION ANALYSIS
USING SPATIAL AND TEMPORAL
ADAPTIVE REFLECTANCE FUSION
MODEL ALGORITHM (CASE STUDY :
WORLDVIEW-3 AND LANDSAT 8)**

Karisma Rizkika
NRP 0331144000020

Supervisor
Lalu Muhamad Jaelani S.T., M.Sc.,Ph.D

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS FUSI DATA MULTI SENSOR
MENGUNAKAN ALGORITMA SPATIAL AND
TEMPORAL ADAPTIVE REFLECTANCE FUSION
MODEL (STUDI KASUS : WORLDVIEW-3 DAN
LANDSAT 8)**

Nama Mahasiswa : Karisma Rizkika
NRP : 0331144000020
Jurusan : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Lalu Muhamad Jaelani ST., M.Sc.,Ph.D

ABSTRAK

Citra satelit resolusi tinggi cocok digunakan untuk pemetaan tutupan lahan skala besar. Namun karena keterbatasan teknik dan biaya, ketersediaan data multi temporal dapat dikatakan terbatas. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan pengolahan citra, yaitu teknik fusi. Metode fusi yang umum digunakan seperti *intensity-hue-saturation (IHS) transformation*, *principle component substitution (PCS)*, dan *Brovey transformation* difokuskan untuk menghasilkan citra dengan spasial dan spektral tinggi pengkombinasian data pankromatik dengan data multispektral yang diperoleh dari citra tersebut secara serempak. Pada penelitian ini, algoritma *Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM)* dikembangkan untuk mendapatkan data citra dengan resolusi spasial tinggi dan cakupan area secara berkala. Kanal multispektral data multi sensor dari WorldView-3 dan Landsat 8 dimanfaatkan untuk memperoleh hasil fusi yang disebut sebagai citra sintetik. Untuk menguji performa STARFM, uji akurasi dilakukan dengan membuat *training sample* pada hasil citra sintetik. Akurasi dilakukan dengan melihat keterpisahan antar kelas menggunakan metode matriks konfusi untuk menganalisa akurasi tutupan lahan yang teridentifikasi. Fusi dengan metode ini menunjukkan peningkatan

kualitas citra sintetik, diindikasikan dengan lebih banyaknya jumlah objek yang dapat diidentifikasi pada citra sintetik ($Kappa = 0,68$ dan $0,64$) yang dikombinasikan dengan citra Landsat asli. Dengan resolusi spasial tinggi dan informasi temporal berkala, maka proses klasifikasi dan interpretasi objek menjadi lebih terbantu guna kebutuhan analisis pemetaan dan pemantauan tutupan lahan.

Kata Kunci : Fusi citra, STARFM, Citra sintetik, resolusi

**MULTI SENSOR DATA FUSION ANALYSIS USING
SPATIAL AND TEMPORAL ADAPTIVE REFLECTANCE
FUSION MODEL ALGORITHM (CASE STUDY :
WORLDVIEW-3 AND LANDSAT 8)**

Name : Karisma Rizkika
NRP : 03311440000020
Department : Geomatics Engineering
Supervisor : Lalu Muhamad Jaelani ST., M.Sc.,Ph.D

ABSTRACT

A high resolution satellite image was suitable for large-scale land cover mapping. However due to technical limitations and budget, the availability of multi-temporal data was limited. Therefore image processing i.e. fusion technique was performed for solving this problem. Common methods such as intensity-hue-saturation (IHS) transformation, principle component substitution (PCS), and Brovey transformation are more focused on generating images which combine high-spatial resolution panchromatic data with multispectral data obtained from the image simultaneously. In this research, multispectral channels from WorldView-3 and Landsat 8 were utilized to obtain fusion result named synthetic images. To assess the performance of STARFM fusion method, an accuracy test was performed by creating sample training based on synthetic images. The accuracy was tested by looking at the separation between classes by the confusion matrix method to analyze the accuracy identified land cover. This fusion was improved the quality of synthetic images that indicated by more identifiable object features on synthetic image ($Kappa=0.68$ and 0.64) compared to the original Landsat image. With finer spatial feature and more frequent temporal information, the classification and interpretation of object would be useful for land cover mapping and monitoring.

Keywords : Image fusion, STARFM, Synthetic image, resolution

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS FUSI DATA MULTI SENSOR MENGUNAKAN ALGORITMA SPATIAL AND TEMPORAL ADAPTIVE REFLECTANCE FUSION MODEL (STUDI KASUS : WORLDVIEW-3 DAN LANDSAT 8)

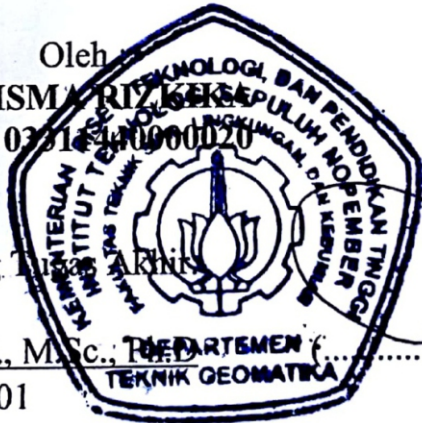
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

KARISMA RIZKI
NRP. 0331141000020



Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Lalu Muhamad Jaelani S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19801221 200312 1 001

SURABAYA, JULI 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “Analisis Fusi Data Multi Sensor Menggunakan Algoritma *Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model* (Studi Kasus : WorldView-3 dan Landsat 8)” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua beserta seluruh keluarga penulis yang selama pelaksanaan tugas akhir memberikan inspirasi, doa, semangat, dan kasih sayang
2. Bapak Lalu Muhamad Jaelani, ST, MSc, PhD, selaku dosen pembimbing
3. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST, MSc, PhD, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika FTSLK ITS, yang telah memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
4. Bapak Khomsin, ST, MT, selaku dosen wali yang telah memberi nasihat kepada penulis sejak awal masuk kuliah hingga penulis menyelesaikan tugas akhir ini
5. Hari Setiawan yang telah membantu dan menemani saya membuat tugas akhir
6. Teman-teman S9.4 dan angkatan Departemen Teknik Geomatika 2014 (G16) yang telah berjuang bersama untuk menyelesaikan tugas akhir

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak terkait dan pembaca.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LAMAN JUDUL.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
HALAMAN PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penginderaan Jauh.....	5
2.2 Citra Digital.....	6
2.3 Resolusi Spasial	8
2.4 Resolusi Temporal	8
2.5 Resolusi Spektral.....	9
2.6 Fusi Citra.....	9
2.7 Landsat 8.....	11
2.8 WorldView-3.....	11
2.9 Metode Klasifikasi	13
2.10 Metode <i>Thresholding</i>	14
2.11 <i>Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM)</i>	15
BAB III.....	23
METODOLOGI	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Data dan Peralatan.....	24

3.3	Metodologi Penelitian	24
BAB IV	.....	29
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	29
4.1	Hasil Fusi.....	29
4.2	Interpretasi Citra.....	33
4.3	Klasifikasi Citra Sintetik	35
4.4	Uji Akurasi Citra Sintetik.....	37
BAB V	.....	39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	.....	41
LAMPIRAN	.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunaannya	5
Gambar 2. 2 Citra <i>true color</i>	7
Gambar 2. 3 Citra <i>grayscale</i>	7
Gambar 2. 4 Citra biner.....	8
Gambar 2. 5 Citra Fusi	10
Gambar 2. 6 Prediksi Landsat Sintetik	21
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Penelitian.....	25
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data.....	26
Gambar 4. 1 <i>Map Info</i> Citra Sintetik 04/11/2014.....	29
Gambar 4. 2 <i>Map Info</i> Citra Sintetik 20/11/2014.....	30
Gambar 4. 3 Citra Sintetik 04/11/14	31
Gambar 4. 4 Citra Sintetik 20/11/14	32
Gambar 4. 5 Peta Klasifikasi Citra Sintetik 04/11/2014	35
Gambar 4. 6 Peta Klasifikasi Citra Sintetik 20/11/2014	36

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spektral Band OLI TIRS	11
Tabel 2. 2 Spesifikasi WorldView-3	12
Tabel 2. 3 Perbedaan Panjang Gelombang Landsat 8 dan WorldView-3.....	16
Tabel 2. 4 Matriks Konfusi.....	19
Tabel 3. 1 Data.....	24
Tabel 4. 1 Interpretasi Objek.....	33
Tabel 4. 2 Matriks Konfusi 04/11/2014	37
Tabel 4. 3 Matriks Konfusi 20/11/2014	38

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala dengan cara menganalisis data yang didapat dengan menggunakan wahana tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah atau gejala yang dikaji (Lillesand dkk. 1999). Secara prinsip, setiap obyek dan fenomena alam yang berada di permukaan bumi dapat dideteksi dari data penginderaan jauh yakni berupa citra satelit. Sejauh ini dikenal jenis citra satelit berdasarkan resolusi spasial (citra resolusi tinggi, menengah, dan rendah), resolusi temporal (tinggi dan rendah), resolusi radiometrik, dan resolusi spektral. Tingkat dari setiap resolusi dipengaruhi oleh spesifikasi sensor dan platform.

Citra resolusi tinggi sangat cocok dimanfaatkan untuk pemetaan tutupan lahan dengan skala besar. Salah satu contoh citra satelit resolusi tinggi adalah WorldView-3. Satelit ini memiliki resolusi spasial 1,6 m dan temporal <1 hari, namun ketersediaannya secara temporal terbatas oleh biaya yang mahal. Berbeda dengan citra satelit resolusi menengah yang bisa didapat secara gratis, seperti Landsat 8. Satelit ini memiliki resolusi spasial 30 m dan temporal 16 hari. Landsat 8 cocok digunakan untuk pemetaan pada wilayah yang relatif luas secara berkala. Oleh karena keterbatasan teknis dan anggaran, maka sulit untuk mendapatkan data penginderaan jauh dengan resolusi spasial tinggi dengan cakupan secara berkala (Price 1994).

Untuk memecahkan masalah tersebut, metode yang dikenal sebagai fusi citra dikenalkan oleh beberapa peneliti. Fusi citra adalah proses pengintegrasian informasi citra baik itu informasi dari *multisensor*, *multiview* dan atau *multitemporal* kedalam citra baru yang mengandung informasi dengan kualitas yang tidak dapat diperoleh dari citra tunggal

(Flusser 2007). Metode fusi citra yang umum digunakan seperti *intensity-hue-saturation (IHS) transformation* (J. Carper dkk. 1990), *principle component substitution (PCS)* (K. Shettigara 1992), dan *Brovey transformation* difokuskan untuk menghasilkan citra multispektral baru pengkombinasian data pankromatik resolusi spasial tinggi dengan data multispektral yang diperoleh citra tersebut secara serempak (Pohl 1998). Metode-metode tersebut hanya memanfaatkan karakteristik spasial dan spektral yang berbeda. Dengan demikian tidak efektif untuk meningkatkan resolusi spasial dan temporal, karena kanal pankromatik hanya membantu meningkatkan resolusi spasial.

Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM) dikembangkan untuk mendapatkan data reflektan dengan resolusi spasial tinggi dan cakupan area secara berkala. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gao (2006), STARFM digunakan untuk melakukan fusi citra Landsat dan MODIS pada *band red* dan *NIR* sebagai studi biofisika global pada area dengan musim pertumbuhan yang pendek. Berdasarkan ide tersebut, penelitian fusi metode STARFM dilakukan untuk mengkombinasikan keunggulan WorldView-3 dalam hal resolusi spasial dan mengatasi ketersediaannya secara temporal menggunakan informasi Landsat 8. Metode ini akan menghasilkan citra sintetik skala besar secara berkala yang digunakan untuk pemetaan tutupan lahan pada kampus ITS, Surabaya, Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Pokok permasalahan yang akan diteliti dan diangkat dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana peningkatan kualitas dari citra sintetik dengan uji akurasi menggunakan metode matriks konfusi?
- b. Berapa resolusi spasial maksimal citra sintetik yang dapat dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Algoritma yang digunakan adalah STARFM.
- b. Citra satelit yang digunakan adalah WorldView-3 dan Landsat 8 pada kanal multispektral.
- c. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan membandingkan objek pada WorldView-3 yang masih bisa diidentifikasi pada citra sintetik dan secara kuantitatif dengan uji akurasi menggunakan metode matriks konfusi.
- d. Fusi data hanya dilakukan untuk kanal pada gelombang tampak RGB.
- e. Data citra sintetik yang diperoleh hanya akan benar di lokasi yang memiliki perubahan tutupan lahan tidak cepat.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah

- a. Mengetahui peningkatan kualitas dari citra sintetik dengan uji akurasi menggunakan metode matriks konfusi.
- b. Mengetahui resolusi spasial maksimal citra sintetik yang dapat dihasilkan.

1.5 Manfaat

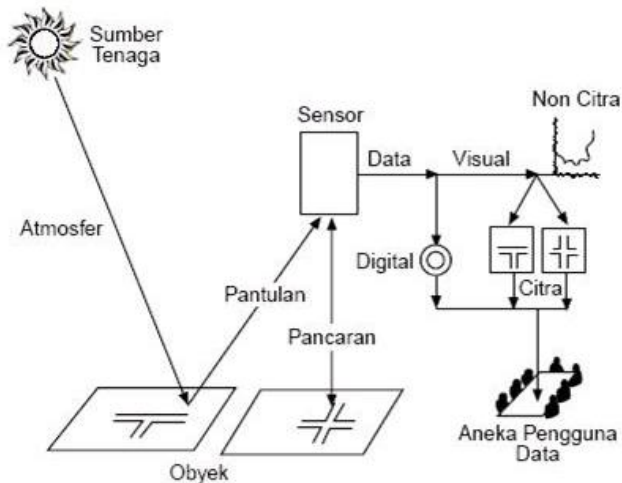
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai solusi pemanfaatan citra multi sensor untuk pembuatan citra sintetik. Citra sintetik akan dimanfaatkan untuk analisis pemetaan tutupan lahan skala besar secara berkala. Selain itu dapat dijadikan acuan dan masukan kepada penelitian-penelitian berikutnya mengenai metode fusi citra khususnya menggunakan algoritma STARFM.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dkk. 2003). Pada prinsipnya penginderaan jauh terdiri dari empat komponen penting yakni sumber energi elektromagnetik, interaksi energi dengan atmosfer, interaksi antara energi elektromagnetik dengan objek di permukaan bumi, dan sensor. Satelit penginderaan jauh menggunakan 2 macam sensor yaitu sensor aktif dan pasif, pada sensor pasif sumber energinya adalah cahaya matahari.



Gambar 2. 1 Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunaannya (Sutanto 1992)

Prinsip perekaman oleh sensor dalam pengambilan data melalui metode penginderaan jauh dilakukan berdasarkan

perbedaan daya reflektan energi elektromagnetik masing-masing objek di permukaan bumi. Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan permukaan bumi akan melewati atmosfer sebelum direkam oleh sensor. Awan, debu, atau partikel-partikel lain yang berada di atmosfer akan membiaskan pantulan gelombang ini. Atas dasar pembiasan yang terjadi, sebelum dilakukan analisa terhadap citra diperlukan kegiatan koreksi radiometrik. Daya reflektan yang berbeda-beda akan direkam oleh sensor dan didefinisikan sebagai objek yang berbeda dimana direpresentasikan dalam sebuah citra digital.

2.2 Citra Digital

Citra digital dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) merupakan intensitas atau tingkat keabuan citra pada titik tersebut (Darma 2009). Nilai $f(x,y)$ merupakan hasil kali dari jumlah cahaya yang mengenai objek dan derajat kemampuan objek tersebut memantulkan cahaya.

Nilai suatu irisan antara baris dan kolom matriks (pada posisi x,y) disebut dengan *picture element*, *image element* atau piksel. Sebuah piksel mewakili tidak hanya satu titik dalam sebuah citra melainkan sebuah bagian berupa kotak yang merupakan bagian terkecil citra. Suatu piksel memiliki nilai dalam rentang tertentu dari nilai minimum sampai nilai maksimum. Jangkauan yang digunakan berbeda-beda tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum, jangkauannya adalah 0 – 255. Berdasarkan nilai pikselnya, citra digital dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis, yaitu:

- a. Citra warna sering disebut juga citra RGB atau citra *true color* karena dapat merepresentasikan warna objek menyerupai warna aslinya dengan mengkombinasikan ketiga warna dasar yaitu *red* (R), *green* (G) dan *blue* (B). Tiap piksel memiliki tiga nilai kanal yang mewakili tiap

komponen warna dasar citra. Berikut adalah contoh citra *true color* :



Gambar 2. 2 Citra *true color*

- b. Citra *grayscale* merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain nilai bagian *red* = *green* = *blue*. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki citra *grayscale* adalah warna keabuan dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga putih. Citra *grayscale* dapat diperoleh dari citra RGB. Berikut adalah contoh citra *grayscale* :



Gambar 2. 3 Citra *grayscale*

- c. Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel yaitu hitam (0) dan putih (1). Citra biner juga disebut sebagai citra bw (*black and white*) atau

citra monokrom. Citra biner sering muncul sebagai hasil dari proses pengambangan (*thresholding*). Berikut adalah contoh citra biner :



Gambar 2. 4 Citra biner

2.3 Resolusi Spasial

Setiap citra memiliki resolusi yang berbeda-beda. Resolusi adalah kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral mempunyai kemiripan. Dalam penginderaan jauh resolusi spasial bukanlah konsep yang mudah untuk didefinisikan, hal tersebut dapat dijelaskan dalam bentuk angka dengan berbagai cara tergantung tujuan penggunaannya (Mather 2004). Resolusi spasial adalah ukuran terkecil yang masih dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan (Danoedoro 2012). Semakin kecil ukuran objek yang dapat direkam, semakin baik resolusi spasialnya. Begitupun sebaliknya, semakin besar ukuran objek yang dapat direkam, semakin buruk resolusi spasialnya.

2.4 Resolusi Temporal

Selain berkaitan dengan resolusi spasial, sensor satelit juga memerlukan waktu untuk mengindera permukaan bumi. Frekuensi perekaman ulang kembali ke daerah yang sama pada rentang waktu tertentu disebut dengan istilah resolusi temporal, satuannya biasanya adalah hari. Semakin banyak jumlah hari

yang diperlukan untuk mengindera daerah yang sama maka semakin rendah resolusi temperolanya, dan sebaliknya (Syah 2010). Rentang waktu perulangan ke asal daerah yang sama satuannya dinyakan dalam jam atau hari, contoh resolusi temporal ini:

- a. Resolusi temporal tinggi berkisar antara : < 24 jam – 3 hari.
- b. Resolusi temporal sedang berkisar antara : 4-16 hari
- c. Resolusi temporal rendah berkisar antara: > 16 hari (Suwargana 2013).

2.5 Resolusi Spektral

Selain resolusi spasial dan temporal, data penginderaan jauh juga terkait dengan resolusi spektral, dimana resolusi spektral merupakan kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan informasi (objek) berdasarkan pantulan atau pancaran spektralnya (Danoedoro 2012). Jika semakin banyak jumlah salurannya terlebih lagi dengan julat (interval panjang gelombangnya) yang sempit maka akan semakin tinggi kemungkinannya untuk membedakan objek-objek berdasarkan respons spektralnya. Hal ini menjelaskan bahwa semakin sempit julat dan/atau banyak jumlah salurannya dapat dikatakan semakin tinggi pula resolusi spektral yang dimiliki.

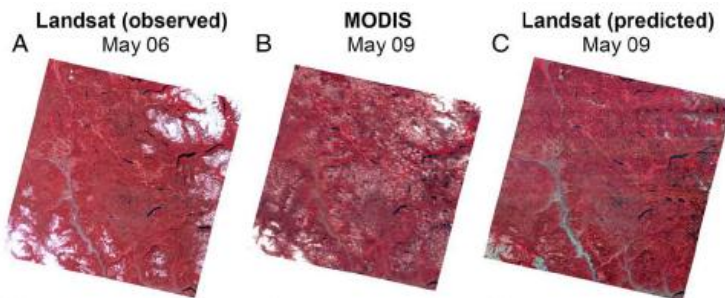
2.6 Fusi Citra

Penginderaan jauh sangat berguna untuk pemetaan maupun melakukan observasi lingkungan atau bentang alam. Oleh karenanya, keakuratan dan peningkatan kepresisian citra penginderaan jauh membutuhkan satelit dengan super resolusi, dimana memerlukan biaya yang mahal. Alternatif untuk mendapatkan keakuratan dan kepresisian citra adalah dengan menggunakan pengolahan citra. Teknik fusi merupakan salah satu pengolahan dengan memanfaatkan citra-citra yang ada untuk mendapatkan hasil yang dapat memberikan informasi yang lebih baik.

Fusi citra didefinisikan sebagai proses penggabungan beberapa citra masukan menjadi citra keluaran tunggal. Tujuannya adalah untuk memperoleh deskripsi objek yang lebih baik daripada yang disediakan oleh citra masukan tunggal. Citra keluaran karenanya harus lebih berguna bagi persepsi visual manusia atau persepsi mesin (Mitchell 2010).

Istilah resolusi spektral, spasial, radiometrik dan temporal muncul pada bidang penginderaan jauh. Resolusi spektral mengacu pada lebar pita dan laju *sampling* informasi yang dapat dikumpulkan tentang lokasi yang diinginkan. Resolusi spasial mengacu pada ukuran fitur terkecil dimana sensor masih dapat mendeteksi. Resolusi radiometrik mengacu pada rentang dinamis atau jumlah sinyal diskrit pada kekuatan tertentu yang dapat direkam sensor (Stathaki 2008). Citra yang informatif adalah citra yang memiliki resolusi spektral dan resolusi spasial yang tinggi. Maka teknik fusi dilakukan untuk mendapatkan citra multispektral resolusi tinggi.

Dibawah ini merupakan citra hasil fusi dari kanal multispektral citra Landsat dan MODIS. Gambar A adalah citra Landsat (*observed*) sebagai data referensi, gambar B adalah citra MODIS (*observed*) sebagai data waktu prediksi, dan gambar C adalah Landsat sintetik (*predicted*).



Gambar 2. 5 Citra Fusi
(Sumber : Hilker dkk. 2009)

2.7 Landsat 8

Fusi citra bisa diaplikasikan ke semua citra satelit untuk mendapatkan citra resolusi tinggi, baik resolusi spasial maupun resolusi temporalnya, salah satunya adalah citra satelit Landsat 8. *Operational Land Imager (OLI)* dan *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* adalah instrumen yang ada di satelit Landsat 8, diluncurkan pada bulan Februari 2013. Satelit ini mengumpulkan gambar permukaan bumi dengan siklus berulang selama 16 hari, yang dirujuk ke *Worldwide Reference System-2*. Ukuran *scene* mencapai 170 km utara-selatan dengan 183 km timur-barat. Berikut ini spesifikasi kanal yang dimiliki citra Landsat 8 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Spektral Band OLI TIRS
(Sumber : “Department of the Interior USGS” 2016)

Kanal Landsat 8 OLI-TIRS (μm)		
30 m Coastal Aerosol	0,435-0,451	Band 1
30 m Blue	0,452-0,512	Band 2
30 m Green	0,533-0,590	Band 3
30 m Red	0,636-0,673	Band 4
30 m NIR	0,851-0,879	Band 5
30 m SWIR-1	1,566-1,651	Band 6
100 m TIR-1	10,60-11,19	Band 10
100 m TIR-2	11,50-12,51	Band 11
30 m SWIR-2	2,107-2,294	Band 7
15 m Pan	0,503-0,676	Band 8
30 m Cirrus	1,363-1,384	Band 9

2.8 WorldView-3

Selain Landsat 8 dengan MODIS, fusi citra juga bisa diaplikasikan pada Landsat 8 dengan WorldView-3. WorldView-3 merupakan satelit observasi bumi ke 6 (enam) yang dimiliki oleh perusahaan DigitalGlobe. Satelit yang

diluncurkan pada tanggal 13 Agustus 2014 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg (California – USA) ini menghasilkan data citra satelit dengan resolusi spasial tertinggi yang dijual secara komersial untuk saat ini. Berikut adalah spesifikasi citra satelit WorldView-3 yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel 2. 2 Spesifikasi WorldView-3
(Sumber : Metadata WorldView-3)

<i>imageDescriptor</i>	<i>ORStandard2A</i>
<i>bandId</i>	<i>Multi</i>
<i>numRows</i>	<i>1825</i>
<i>numColumns</i>	<i>5568</i>
<i>productLevel</i>	<i>LV2A</i>
<i>productType</i>	<i>Standard</i>
<i>radiometricLevel</i>	<i>Corrected</i>
<i>bitsPerPixel</i>	<i>16</i>
<i>earliestAcqTime</i>	<i>2014-12-18T02:42:16.116362Z</i>
<i>latestAcqTime</i>	<i>2014-12-18T02:42:16.116362Z</i>
<i>datumName</i>	<i>WE</i>
<i>semiMajorAxis</i>	<i>6378137</i>
<i>mapZone</i>	<i>49</i>
<i>mapHemis</i>	<i>S</i>
<i>originX</i>	<i>696805,6</i>
<i>originY</i>	<i>9196004</i>
<i>colSpacing</i>	<i>1,6</i>
<i>rowSpacing</i>	<i>1,6</i>
<i>productGSD</i>	<i>1,6</i>
<i>DEMCorrection</i>	<i>Base Elevation</i>
<i>terrainHae</i>	<i>29,25</i>

2.9 Metode Klasifikasi

Klasifikasi citra merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel (yang terdapat di dalam *band* citra yang bersangkutan) ke dalam beberapa kelas berdasarkan suatu kriteria atau kategori objek hingga menghasilkan “peta tematik” dalam bentuk raster (Adil, 1996). Setiap piksel yang terdapat di dalam setiap kelas ini diasumsikan memiliki karakteristik yang homogen. Tujuan proses ini adalah untuk mengekstrak pola-pola respon spektral (terutama yang dominan) yang terdapat di dalam citra itu sendiri. Teknik klasifikasi dibagi menjadi 2 yaitu :

2.9.1 Klasifikasi Berdasarkan Piksel

Piksel merupakan unit terkecil dari sebuah citra dan merupakan unit dasar spasial dalam ruang-ruang sel. Piksel memiliki sifat yang dinamis dan bebas. Setiap sel memiliki nilai digital unik yang membedakan dengan sel lainnya. Pada beberapa dekade terakhir ini, prosedur berbasis piksel merupakan pemrosesan citra yang utama. Analisis citra berbasis piksel adalah pilihan umum yang biasa digunakan untuk pemrosesan data citra pada sistem analisis citra penginderaan jauh. Analisis citra berbasis piksel ini bergantung pada nilai digital number piksel tunggal yang ada pada citra. Metode ini hanya mengekstrak informasi spektral dari citra saja tanpa memperhitungkan informasi spasial. Informasi spasial disini berupa nilai dan warna dari piksel itu sendiri.

2.9.2 Klasifikasi Berbasis Objek

Pendekatan standar berbasis piksel sudah tidak sesuai lagi dalam kaitannya dengan keberagaman (*heterogeneity*) dari informasi kelas spektral pada citra resolusi tinggi. Ahli penginderaan jauh menggunakan informasi spasial untuk menggambarkan tutupan lahan (*land cover*) karena piksel

tunggal tidak memberikan informasi yang cukup tentang konten citra. Kelemahan utama klasifikasi citra berbasis piksel adalah pada citra hasil klasifikasi yang mengandung gangguan berupa “*salt and pepper*” yaitu masih berupa bercak-bercak warna. Oleh karena itu pendekatan berbasis objek menggunakan informasi spektral dan spasial dibutuhkan. Keunggulan dari metode berbasis objek ini yaitu dapat melakukan analisis citra digital secara visual berdasarkan informasi dari beberapa kumpulan piksel yang sama yang disebut segmen atau objek. Unit terkecil pada metode ini bukan lagi piksel melainkan objek. Berbeda dengan metode berbasis piksel, metode ini memandang suatu objek seperti halnya manusia memandang suatu kesatuan objek. Objek disini berarti tidak hanya berdasarkan *digital number* piksel saja, tetapi juga berdasarkan bentuk, tekstur, rona dan informasi spasial lainnya.

2.10 Metode Thresholding

Thresholding merupakan metode sederhana untuk membedakan region dari citra berdasarkan penyerapan cahaya pada permukaan citra. Nilai *threshold* dapat ditentukan untuk membedakan *foreground* dan *background*. Tujuan *threshold* (T) adalah untuk memisahkan piksel yang memiliki nilai keabuan lebih tinggi dan yang lebih rendah (Prasetyo 2012). Titik objek merupakan sembarang titik (x,y) dimana $f(x,y) \geq T$, sedangkan titik *background* adalah selain titik objek. Pendefinisian citra dengan *threshold* $g(x,y)$ ditunjukkan pada persamaan 1, dimana objek direpresentasikan dengan nilai satu, *background* direpresentasikan dengan nilai nol.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x,y) < T \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$g(x,y)$ = nilai intensitas pixel sesudah diproses
 $f(x,y)$ = nilai intensitas pixel sebelum diproses
 T = nilai ambang batas

Nilai T dapat ditentukan dengan 3 cara berikut :

- a. Nilai Ambang Global (*Global Threshold*)
 $T = T\{f(x,y)\}$ dengan T tergantung pada nilai *gray* level dari piksel pada posisi x,y .
- b. Nilai Ambang Lokal (*Local Threshold*);
 $T = T\{A(x,y), f(x,y)\}$ dengan T tergantung pada properti piksel tetangga $A(x,y)$ menyatakan nilai piksel tetangga.
- c. Nilai Ambang Dinamis (*Dynamic Threshold*)
 $T = T\{x,y, A(x,y), f(x,y)\}$ dengan T tergantung pada koordinat-koordinat piksel.

2.11 *Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM)*

Spatial And Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (STARFM) merupakan suatu pemodelan algoritma yang digunakan untuk memadukan reflektan permukaan dua sensor yang memiliki spasial dan temporal tinggi. Algoritma ini didasarkan pada premis bahwa citra resolusi baik dan resolusi buruk mengamati reflektan yang sama, bias oleh kesalahan konstan. Kesalahan ini bergantung pada karakteristik piksel selama interval temporal pendek. Oleh karena itu, jika citra resolusi baik dan buruk tersedia pada tanggal yang sama, kesalahan ini dapat dihitung untuk setiap piksel. Dengan menggunakan algoritma ini, informasi temporal tinggi dari citra resolusi buruk dan spasial tinggi dari citra resolusi baik dapat digabungkan untuk aplikasi yang memerlukan citra resolusi tinggi. Banyak penelitian yang telah membahas STARFM dimana diaplikasikan pada citra Landsat dan MODIS khususnya untuk pemantauan dinamika ekosistem. Namun sejatinya semua algoritma fusi data *spatiotemporal* tidak hanya spesifik untuk Landsat dan MODIS. STARFM bisa diaplikasikan pada dua sensor yang berbeda jika memiliki *band* yang panjang gelombangnya sama. Berikut adalah tabel panjang gelombang untuk kedua citra :

Tabel 2. 3 Perbedaan Panjang Gelombang Landsat 8 dan WorldView-3
(Sumber : WorldView- 2014; Department of USGS 2016)

WorldView-3		Landsat 8	
Kanal	Panjang gelombang(nm)	Kanal	Panjang gelombang (nm)
Blue	450-510	Blue	452-512
Green	510-580	Green	533-590
Red	630-690	Red	636-673

Berdasarkan cara kerja fusi citra MODIS dan Landsat dengan STARFM (Gao dkk. 2006), 3 tahapan implementasi algoritma tersebut yakni :

a. Pencarian Piksel Tetangga Spektral Sama

Piksel spektral yang sama memastikan bahwa informasi spektral yang benar dihasilkan dari piksel tetangga resolusi baik. Cara untuk memperoleh nilai piksel spektral sama yaitu dengan melakukan klustering metode nilai ambang batas dinamik. Perhitungan dilakukan pada jendela pencarian 3x3 dengan nilai *threshold* bergantung pada persamaan berikut :

$$T = \frac{1}{2}(maks + min) \quad (2.2)$$

Keterangan :

T = nilai ambang batas

maks = nilai maksimal piksel pada jendela pencarian

min = nilai minimal piksel pada jendela pencarian

Piksel tetangga spektral sama dapat berbeda dari tanggal ke tanggal, hal tersebut berguna untuk mengetahui perubahan permukaan pada citra resolusi baik.

b. Mengkombinasikan faktor pembobotan

Pembobotan W_{ijk} menentukan seberapa banyak piksel tetangga berkontribusi untuk mengestimasi reflektan dari

piksel tengah. Bobot akhir ditentukan oleh 3 faktor diantaranya :

- Perbedaan spektral antara data WorldView dan Landsat pada lokasi yang diberikan adalah

$$S_{ijk} = Wv(x_i, y_j, t_k) - L(x_i, y_j, t_k) \quad (2.3)$$

Keterangan :

- x_i = baris dari kumpulan matriks citra
- y_j = kolom dari kumpulan matriks citra
- t_k = waktu akuisisi untuk citra referensi

- Perbedaan temporal antara data Landsat referensi dan prediksi

$$T_{ijk} = L(x_i, y_j, t_k) - L(x_i, y_j, t_o) \quad (2.4)$$

Keterangan :

- t_o = waktu akuisisi untuk citra prediksi

- Jarak lokasi antara piksel tengah dan piksel kandidat pada t_k adalah

$$D_{ijk} = \sqrt{\left(\frac{X_w}{2} - x_i\right)^2 + \left(\frac{Y_w}{2} - y_j\right)^2} + 1,0 \quad (2.5)$$

Keterangan :

- $x_{w/2}$ = baris kumpulan matriks piksel tengah
- $y_{w/2}$ = kolom kumpulan matriks piksel tengah
- x_i = baris piksel kandidat
- y_j = kolom piksel kandidat

Setelah mendapat nilai dari ketiga faktor tersebut, dilakukan perhitungan perbedaan spektral, temporal, dan jarak spasial dengan rumus sebagai berikut :

$$C_{ijk} = S_{ijk} \times T_{ijk} \times D_{ijk} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- S_{ijk} = perbedaan spektral antara citra referensi
- T_{ijk} = perbedaan spektral secara temporal antara citra referensi dan citra prediksi

D_{ijk} = jarak lokasi antara piksel tengah dan piksel kandidat

Kemudian rumus untuk mendapatkan bobot akhir adalah sebagai berikut :

$$W_{ijk} = \left(\frac{1}{C_{ijk}}\right) / \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w \sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{C_{ijk}}\right) \quad (2.7)$$

Keterangan :

W_{ijk} = bobot akhir algoritma

w = ukuran jendela pencarian

n = jumlah pasangan citra

k = indeks pasangan citra

Dengan memperkenalkan informasi tambahan dari piksel tetangga, kita menghitung reflektan permukaan untuk piksel tengah pada tanggal t_o dengan fungsi pembobotan sebagai berikut :

$$W_V\left(\frac{X_w}{2}, \frac{Y_w}{2}, t_o\right) = \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^w \sum_{k=1}^n W_{ijk} \times (L(x_i, y_j, t_o) + W_V(x_i, y_j, t_k) - L(x_i, y_j, t_k)) \quad (2.8)$$

Keterangan

$W_V(x_w/2, y_w/2, t_o)$ = citra sintetis

$L(x_i, y_j, t_o)$ = Landsat waktu prediksi

$W_V(x_i, y_j, t_k)$ = WorldView waktu referensi

$L(x_i, y_j, t_k)$ = Landsat waktu referensi

2.12 Uji Akurasi

Uji akurasi digunakan untuk mengetahui tingkat keakuratan secara visual dengan klasifikasi terbimbing Maximum Likelihood data citra sintetis sehingga dapat ditentukan besar presentase keakuratan pemetaan. Akurasi

ketelitian pemetaan dilakukan dengan membuat matriks konfusi seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Matriks Konfusi (Chuvieco 2009)

Data Klasifikasi	Data Referensi				Total Baris	<i>User's Accuracy</i>
	A	B	C	D		
A	X_{ii}				X_{+i}	X_{ii}/X_{+i}
B						
C						
D				X_{ii}		
Total Kolom	X_{i+}				N	

Secara matematis akurasi dari tabel diatas adalah sebagai berikut :

$$User's Accuracy = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad (2.9)$$

$$Overall Accuracy = \frac{\sum_i^r X_{ii}}{N} \times 100\% \quad (2.10)$$

$$Kappa(k) = \frac{N \sum_i^r X_{ii} - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_i^r X_{i+} X_{+i}} \times 100\% \quad (2.11)$$

Keterangan :

X_{ii} = nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-I dan kolom ke-i

X_{i+} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{+i} = jumlah piksel dalam baris ke-i

N = banyaknya piksel dalam contoh

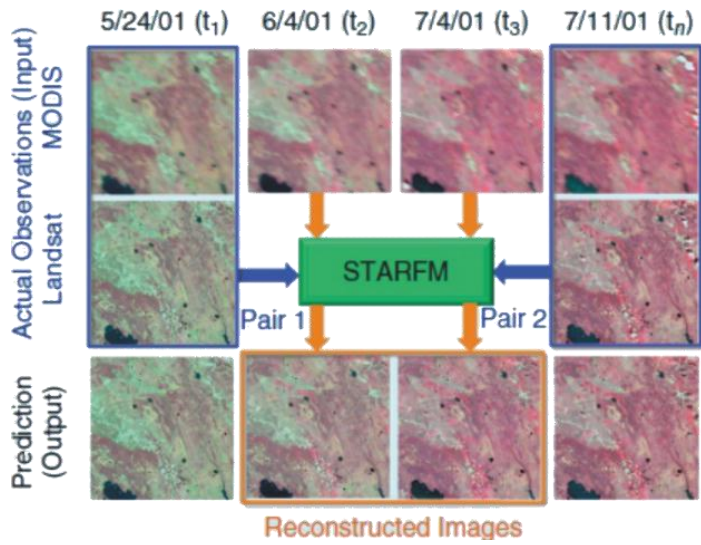
$\sum_i^r X_{ii}$ = jumlah nilai diagonal matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

$\sum_i^r X_{i+} X_{+i}$ = jumlah perkalian X_{i+} dan X_{+i}

Dimana nilai kappa <0,20 menunjukkan hubungan yang rendah antara objek referensi dan pengamatan, 0,21-0,40 berarti lumayan, 0,41-0,60 adalah cukup, 0,61- 0,80 adalah kuat dan 0,81–1 adalah sangat kuat (Murti 2011).

2.13 Penelitian Sebelumnya

Gao dkk. (2006), melakukan penelitian mengenai prediksi reflektan permukaan Landsat harian untuk studi proses biofisika global pada area dengan musim pertumbuhan tanaman pendek dan perubahan fenologi ekstrim. Algoritma STARFM telah di tes menggunakan data simulasi dan data pengamatan satelit. Validasi dilakukan dengan membandingkan citra prediksi reflektan permukaan Landsat-MODIS dengan reflektan permukaan pengamatan Landsat pada waktu akusisi. Gambar 2.6 menunjukkan hasil prediksi STARFM di hutan Boreal, Kanada. 2 pasang citra Landsat dan MODIS diakusisi dari 24 Mei 2001 dan 11 Juli 2001 (waktu pengamatan). 2 citra MODIS akusisi tanggal 4 Juni 2001 dan 4 Juli 2001 (waktu prediksi). Algoritma STARFM digunakan untuk memprediksi nilai spektral Landsat-MODIS pada 4 Juni dan 4 Juli menggunakan 2 pasang pada waktu pengamatan dan citra MODIS dari waktu prediksi. STARFM dapat mempertahankan resolusi spasial tinggi dari Landsat dan temporal tinggi dari MODIS jika piksel tetangga yang jelas pada resolusi buruk dapat ditemukan dalam jendela bergerak. STARFM dapat memprediksi citra sintetik menggunakan satu atau dua pasang, tergantung pada ketersediaan data Landsat. Dengan begitu membuat lebih fleksibel ketika citra Landsat bebas awan susah didapatkan pada area berawan.



Gambar 2. 6 Prediksi Landsat Sintetik
(Sumber : Gao dkk. 2006)

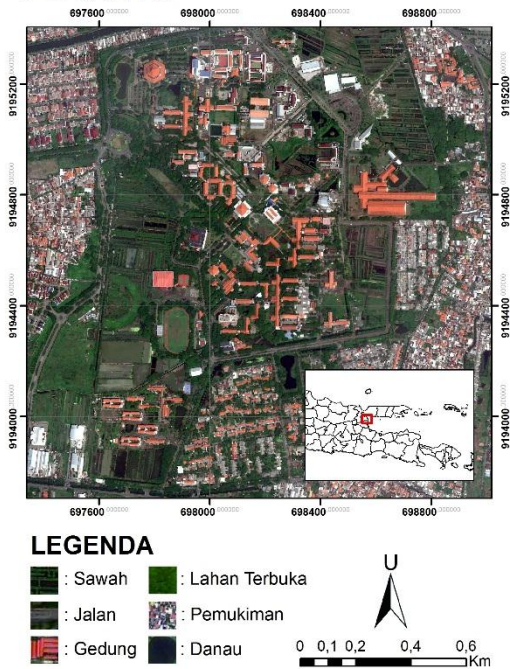
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah wilayah kampus ITS dengan posisi geografis pada $7^{\circ}16'29,25''$ - $7^{\circ}17'27,47''$ LS dan $112^{\circ}47'13,34''$ - $112^{\circ}48'12,15''$ BT. Lokasi penelitian dipilih karena areanya memiliki jenis tutupan lahan homogen yaitu lahan terbangun.

PETA ITS



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Digital Globe 2014)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. 1 Data

No	ID_Scene	Citra	Waktu Akuisisi
1	14DEC18024216-M2AS-054062769010_01_P001	WorldView-3	18/12/2014
2	LC08_L1TP_118065_20150107_20170415_01_T1	Landsat 8	07/01/2015
3	LC08_L1TP_118065_20141104_20170417_01_T1	Landsat 8	04/11/2014
4	LC08_L1TP_118065_20141120_20170417_01_T1	Landsat 8	20/11/2014

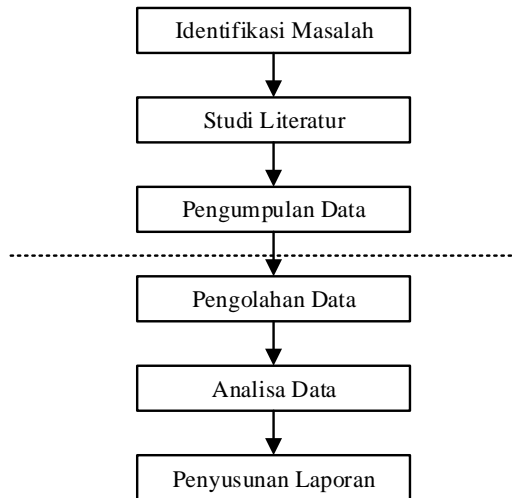
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam tugas akhir ini antara lain :

- a. Perangkat keras
Laptop Toshiba Satellite L40-A, Windows 7 Ultimate 64-bit, Intel ® Core™ i3-3217U CPU @ 1.80 GHz (4CPUs), 4096MB RAM
- b. Software:
 - i. ArcGIS 10.3
 - ii. ENVI 5.3 Trial Version
 - iii. Python 2.7

3.3 Metodologi Penelitian

Tahapan yang dilaksanakan dalam kegiatan penelitian tugas akhir ini adalah seperti pada diagram alir berikut ini :



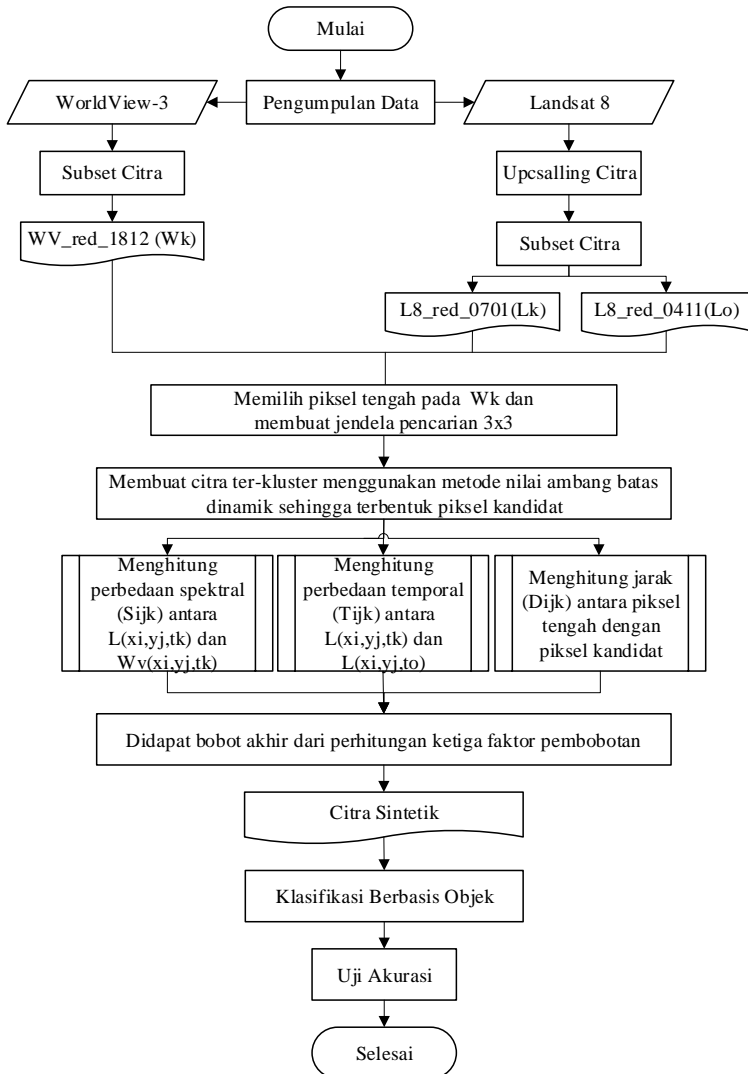
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode Penelitian

3.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah :

- a. Identifikasi Masalah
Tahapan ini dimaksudkan untuk identifikasi pemanfaatan teknologi citra penginderaan jauh khususnya dalam fusi citra dari data multi sensor dengan memanfaatkan kanal multispektral untuk mendapatkan citra sintetik
- b. Studi Literatur
Mempelajari lebih lanjut tentang pengolahan citra Landsat 8 dan WorldView-3 dan konsep algoritma *STARFM*
- c. Pengumpulan Data
Penelitian bisa dilakukan jika data sudah terkumpul. Dalam penelitian tugas akhir ini, data-data yang diperlukan meliputi citra WorldView-3 wilayah Kampus ITS Surabaya serta Landsat 8 *path row* 118/65

3.3.2 Tahap Pengolahan Data



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengolahan Data
(Sumber : dokumen pribadi)

Berikut ini adalah penjelasan mengenai diagram alir pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini :

- a. Pengumpulan data citra WorldView-3 (*by order*) sedangkan untuk Landsat 8 OLI/TIRS dapat diunduh dari Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)
- b. Citra WorldView-3 yang digunakan pada penelitian kali ini adalah seri produk Standard (2A) Imagery dimana telah terkoreksi radiometrik, terkoreksi sensor, dan telah terproyeksi ke bidang datum WGS 84. Tahap pra pengolahan WorldView-3 adalah pemotongan citra via RoI lalu konversi format bilangan *digital number* ke format *signed integer*
- c. Landsat 8 yang digunakan adalah seri produk L1T dengan koreksi terrain dan GCP yang akurat sehingga tidak perlu dilakukan koreksi geometrik. Tahap pra pengolahan Landsat 8 adalah *upsampling* resolusi Landsat 8 menjadi 1,6 meter. Selanjutnya pemotongan citra dan menyamakan koordinat piksel sesuai data WorldView-3
- d. Penerapan algoritma STARFM dimulai dari membuat nilai piksel tengah dari WorldView-3 menggunakan jendela pencarian 3x3. Nilai piksel tengah didapat dari perhitungan menggunakan *mean filtering*
- e. Melakukan klasifikasi dengan metode nilai ambang batas dinamis seperti yang tertera pada persamaan (2). Dilakukan dengan menggeser jendela pencarian 3x3 ke kanan secara bertampalan dan akan menghasilkan piksel kandidat
- f. Menghitung fungsi pembobotan matriks, dengan 3 faktor yaitu :
 - Menghitung perbedaan spektral (S_{ijk}) antara WorldView3 (t_k) dan Landsat 8 (t_k)
 - Menghitung perbedaan spektral secara temporal (T_{ijk}) antara Landsat 8 (t_k) dan Landsat 8 (t_o)

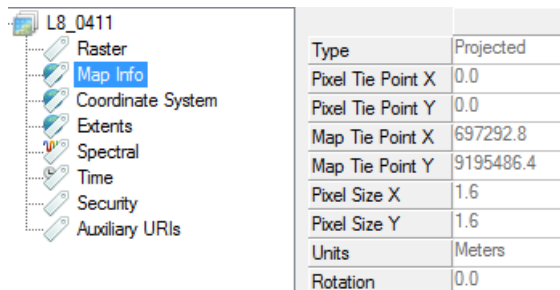
- Menghitung jarak (D_{ijk}) antara piksel tengah dengan piksel kandidat
- g. Citra prediksi dihitung menggunakan perhitungan ketiga citra masukan dikali dengan bobot akhir seperti yang tertera pada persamaan (8)
- h. Melakukan klasifikasi berbasis objek dengan membuat *training sample* pada objek yang terdapat pada citra sintetik, kemudian melakukan uji akurasi dengan menghitung nilai *Overal Accuracy* dan *Kappa* untuk menganalisis keakuratan tutupan lahan yang dikenali.
- i. Selesai

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Fusi

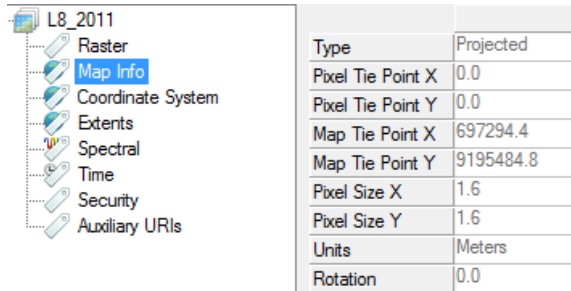
Fusi citra adalah teknik yang secara luas digunakan untuk meningkatkan kualitas citra dalam hal informasi geometri (spasial) dan warna (spektral) dengan pengkombinasian pasangan citra dari sensor yang berbeda ataupun sama. Proses fusi citra pada bidang penginderaan jauh bertujuan mempermudah langkah analisis yang memerlukan ekstraksi obyek citra secara detail, antara lain pada metode klasifikasi untuk analisis pemetaan penutup lahan. Pada penelitian ini, citra multispektral WorldView-3 dikombinasikan dengan citra multispektral Landsat 8 untuk menghasilkan citra sintetik dengan resolusi spasial tinggi dan cakupan area secara berkala. 1 pasang data referensi (WorldView-3 dan Landsat 8 waktu akuisisi berturut-turut 18/12/2014 dan 07/01/2015) dan Landsat pengamatan waktu prediksi (04/11/2014 dan 20/11/2014) digunakan untuk menghasilkan 2 citra sintetik.

Resolusi spasial yang dapat dihasilkan oleh citra sintetik tersebut adalah sebesar 1,6 meter, hasilnya dapat dilihat pada baris *pixel size X* dan *pixel size Y* seperti gambar dibawah ini:



Type	Projected
Pixel Tie Point X	0.0
Pixel Tie Point Y	0.0
Map Tie Point X	697292.8
Map Tie Point Y	9195486.4
Pixel Size X	1.6
Pixel Size Y	1.6
Units	Meters
Rotation	0.0

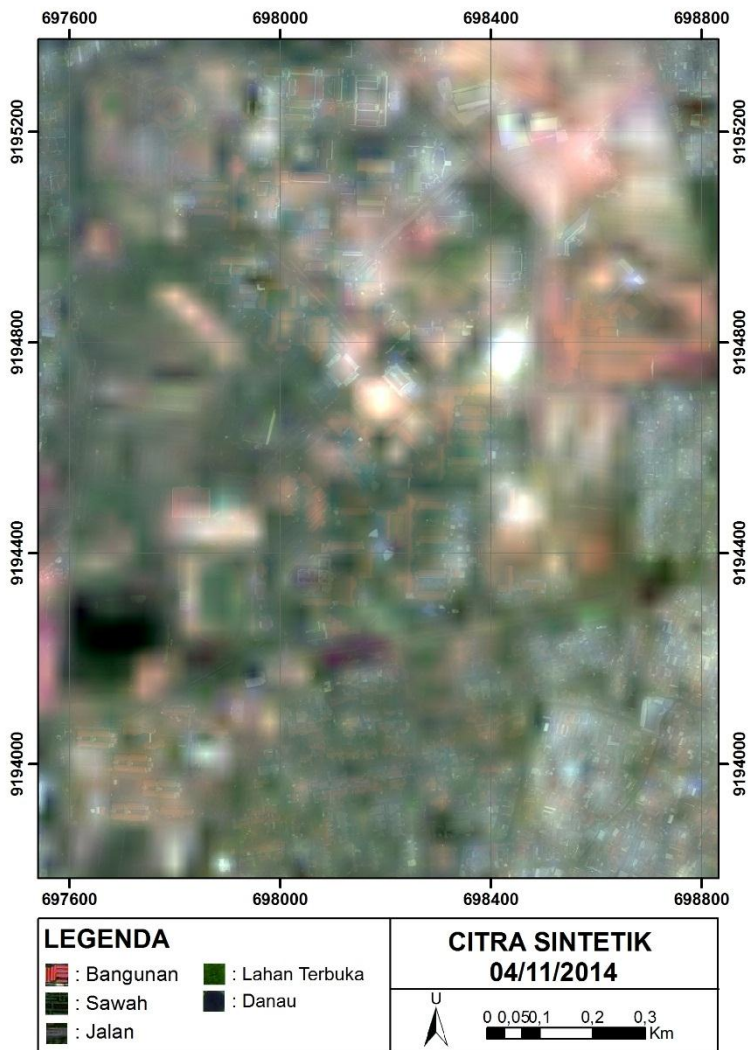
Gambar 4. 1 *Map Info* Citra Sintetik 04/11/2014



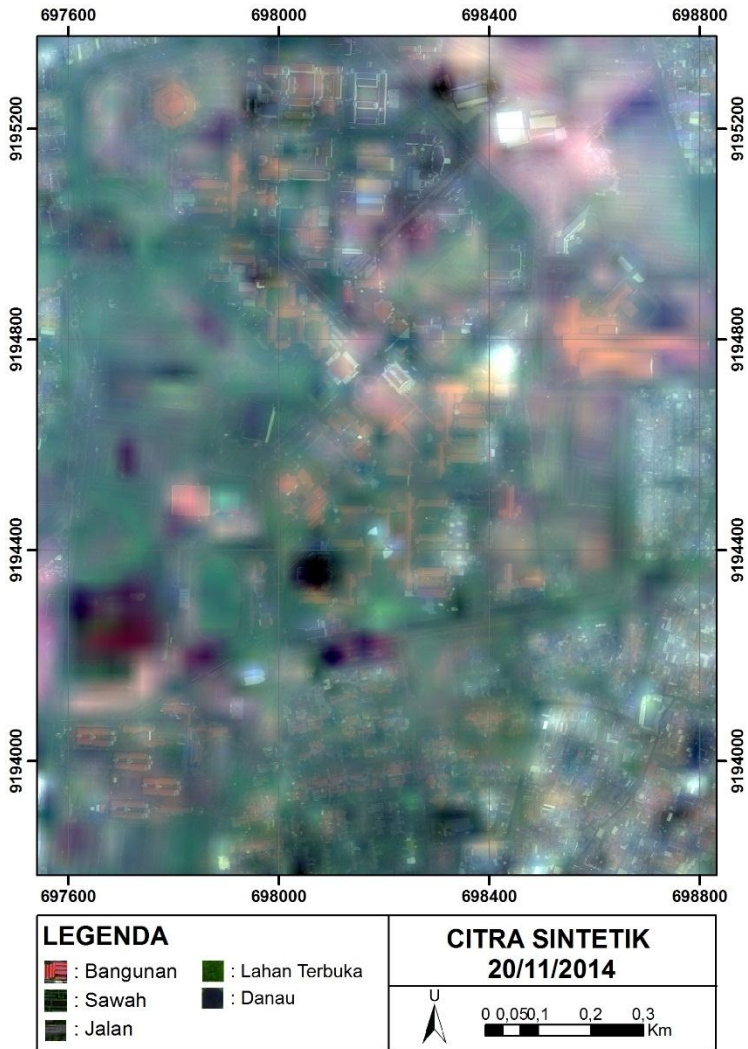
Type	Projected
Pixel Tie Point X	0.0
Pixel Tie Point Y	0.0
Map Tie Point X	697294.4
Map Tie Point Y	9195484.8
Pixel Size X	1.6
Pixel Size Y	1.6
Units	Meters
Rotation	0.0

Gambar 4. 2 *Map Info* Citra Sintetik 20/11/2014

Seiring dengan tingkat kedetailan Landsat 8 yang sangat rendah, terlihat adanya efek kabur pada citra sintetik. Namun setelah dilakukan pembesaran, beberapa objek pada citra sintetik dapat diidentifikasi. Peta citra sintetik yang dapat dihasilkan mempunyai skala sebesar 1:10000. Dimensi matriks yang digunakan pada pengoperasian fusi citra adalah sebesar 1125x1125 piksel. Metode *mean filtering* merupakan salah satu teknik peningkatan kualitas citra dalam domain spasial. Pembuatan piksel tengah dilakukan menggunakan metode tersebut dengan ukuran jendela sebesar 3x3 (ukuran minimum). Pada *mean filtering* dalam setiap piksel keluaran diatur ke tingkat rata-rata dari nilai-nilai piksel dalam *mask* yang ditentukan, maka dari itu mempunyai kekurangan yakni mengubah nilai asli piksel. Semakin kecil ukuran jendela pencarian, semakin teliti hasil *smoothing* yang didapatkan. Ukuran jendela pencarian hanya bisa dibentuk jika jumlah baris dan kolom dari suatu citra berjumlah ganjil. Jika dibandingkan dengan metode *median filtering*, metode *mean filtering* melakukan perhitungan yang lebih efisien, namun dampak dari metode tersebut akan lebih banyak *noise* yang dihasilkan.



Gambar 4. 3 Citra Sintetik 04/11/14

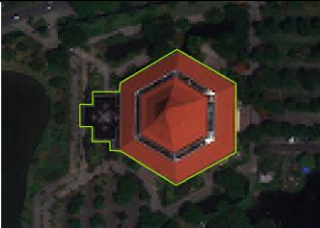





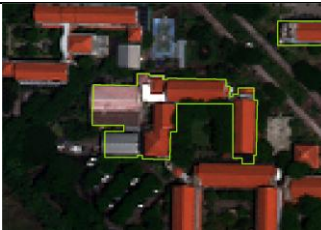






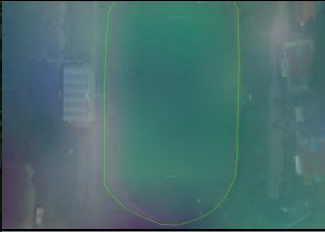
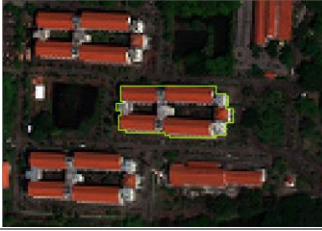

Gambar 4. 4 Citra Sintetik 20/11/14

4.2 Interpretasi Citra

Evaluasi untuk menilai kualitas citra sintetik menggunakan pendekatan kualitatif. Kemudian dilakukan pengambilan beberapa sampel untuk mengidentifikasi objek-objek yang masih bisa dikenali pada citra sintetik. Kualitas citra sintetik kemudian dievaluasi dengan membandingkan secara visual (citra komposit RGB) antara citra multispektral WorldView-3 dengan citra sintetik. Hasil dari pengamatan objek dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dari citra sintetik, lahan terbangun (contoh : asrama mahasiswa dan bangunan kelas) dapat diidentifikasi secara visual melalui bentuk, pola dan warnanya. Tutupan lahan lain seperti jalan dan lahan terbuka sulit untuk diidentifikasi karena nilai piksel tercampur dengan batasnya (pada citra Landsat 8 objek tidak bisa dikenali secara total).

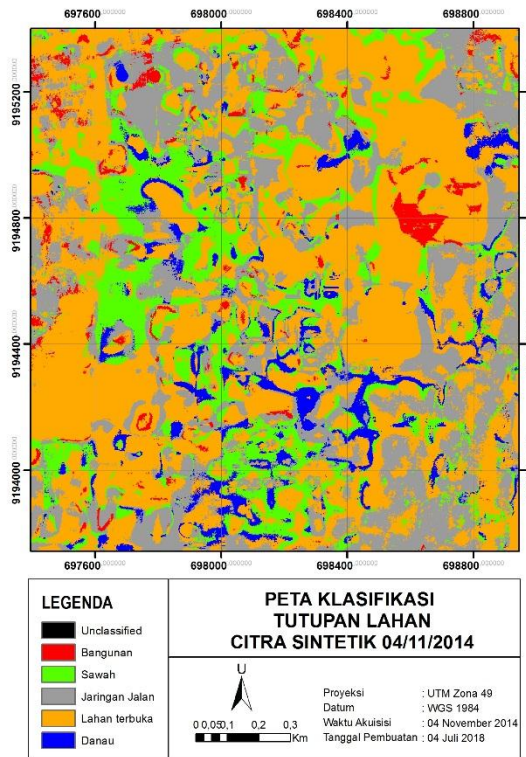
Tabel 4. 1 Interpretasi Objek

No.	Citra WV-3	Citra Sintetik	Keterangan
1.			Graha ITS
2.			Gedung FBMT dan FV

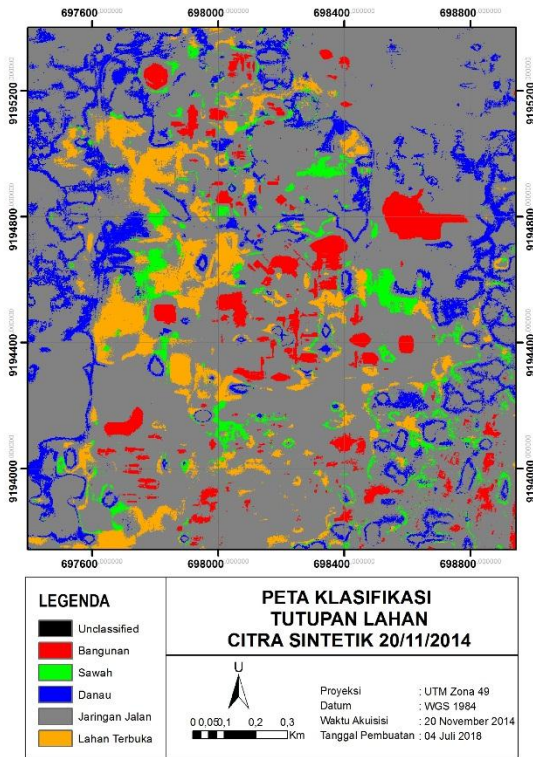
3.			Gedung Departemen Teknik Sipil
4.			Jalan Despro
5.			Gedung Departemen Teknik Kimia
6.			Lapangan Stadion ITS
7.			Gedung Asrama ITS

4.3 Klasifikasi Citra Sintetik

Klasifikasi merupakan proses untuk membagi obyek/citra kedalam suatu kelas kelas tertentu berdasarkan pada karakteristik tertentu. Dilakukan klasifikasi terbimbing Maximum Likelihood pada citra sintetik. Tahapan ekstraksi informasi tutupan lahan dengan melakukan *training* area atau ROI ke dalam 5 kelas yakni bangunan, sawah, jaringan jalan, lahan terbuka, dan danau. Hal ini berfungsi sebagai acuan dalam mengelaskan seluruh segmen yang telah terbagi bagi menurut kelompok nilai spektralnya. Berikut adalah hasil klasifikasi dari citra sintetik :



Gambar 4. 5 Peta Klasifikasi Citra Sintetik 04/11/2014



Gambar 4. 6 Peta Klasifikasi Citra Sintetik 20/11/2014

Hasil klasifikasi citra sintetik 04/11/2014 ditunjukkan oleh gambar 4.5. Hasil didominasi oleh kelas lahan terbuka, hal ini diakibatkan oleh nilai spektral piksel yang tercampur antar kelas. Begitu pula dengan gambar 4.6 klasifikasi citra sintetik 20/11/2014. Sistem mengenali kelas selain jaringan jalan sebagai jaringan jalan, akibatnya hasil klasifikasi didominasi oleh warna abu-abu yang merupakan definisi dari kelas jaringan jalan. Dengan demikian hasil dari citra sintetik kurang cocok untuk kebutuhan analisis pemetaan tutupan lahan, karena warna tiap kelas tidak merepresentasikan objek sebenarnya di lapangan.

4.4 Uji Akurasi Citra Sintetik

Untuk mengetahui performa metode fusi STARFM, uji akurasi dilakukan dengan membuat *training sample* berdasarkan hasil citra sintetik. Akurasi diuji dengan melihat keterpisahan antar kelas dengan metode matriks konfusi (nilai *overall accuracy* dan nilai *kappa*) untuk menganalisis keakuratan tutupan lahan yang dikenali. Hasilnya ditunjukkan oleh nilai matriks konfusi pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Matriks Konfusi 04/11/2014

Data Klasifikasi	Data Referensi						User Accuracy (%)
	Bangunan	Lahan Terbuka	Jaringan Jalan	Danau	Sawah	Total	
Bangunan	53	2	2	4	3	64	82,81
Lahan Terbuka	3	22	1	4	3	33	66,67
Jaringan Jalan	4	3	25	2	3	37	67,57
Danau	0	2	1	12	0	15	80
Sawah	4	4	0	0	22	30	73,34
Total	64	33	29	22	31	179	
<i>Kappa</i>	68%=0,68						
<i>Overall Accuracy</i>	74,8%=0,748						

Tabel 4.2 merupakan hasil perhitungan matriks konfusi yang diperoleh untuk data waktu akuisisi 04/11/2014, ada 82,81% objek bangunan yang diketahui sebagai bangunan, 66,67% lahan terbuka yang diketahui sebagai lahan terbuka, 67,57% jaringan jalan yang diketahui sebagai jaringan jalan, 80% danau diketahui sebagai danau, 73,34% sawah yang diketahui sebagai sawah. Sedangkan untuk data 20/11/2014, ada 73,91% objek bangunan yang diketahui sebagai bangunan, 79,41% lahan terbuka yang diketahui sebagai lahan terbuka, 70,59% jaringan jalan yang diketahui sebagai

jaringan jalan, 62,5% danau diketahui sebagai danau, 68,96% sawah yang diketahui sebagai sawah. Uji akurasi citra sintetis ITS waktu akuisisi 04/11/2014 dan 20/11/2014 memiliki akurasi kappa berada di rentang 0,61-0,80 menunjukkan hubungan kuat antara citra sintetis dengan citra WorldView-3, yang dihasilkan dari piksel *upsampling* pada Landsat 8. Berikut adalah hasil matriks konfusi untuk data waktu akuisisi 20/11/2014 :

Tabel 4. 3 Matriks Konfusi 20/11/2014

Data Klasifikasi	Data Referensi						<i>User Accuracy (%)</i>
	Bangunan	Lahan Terbuka	Jaringan Jalan	Danau	Sawah	Total	
Bangunan	51	0	9	4	5	69	73,91
Lahan Terbuka	0	27	4	0	3	34	79,41
Jaringan Jalan	2	5	24	0	3	34	70,59
Danau	0	2	4	10	0	16	62,5
Sawah	0	6	3	0	20	29	68,96
Total	53	40	44	14	31	182	
<i>Kappa</i>							64%=0,64
<i>Overall Accuracy</i>							72,5%=0,725

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Metode fusi STARFM yang dikembangkan untuk melakukan penggabungan citra MODIS dan Landsat digunakan untuk dataset yang berbeda (WorldView-3 dan Landsat 8). Dengan dilakukannya proses tersebut, terjadi peningkatan kualitas yang ditunjukkan oleh lebih banyaknya fitur objek yang dapat diidentifikasi pada citra sintetik dibandingkan dengan citra Landsat asli. Perhitungan *overall accuracy* menghasilkan nilai *kappa* sebesar 0,68 dan 0,64 berturut-turut untuk akuisisi tanggal 04/11/14 dan 20/11/14. Hasil ini menunjukkan hubungan kuat antara citra sintetik dengan citra WorldView-3, yang dihasilkan dari piksel *upsampling* pada Landsat 8.
- b. Dengan metode STARFM, citra sintetik berhasil dibuat dengan resolusi spasial 1,6 meter. Hasil diperoleh dengan melihat metadata citra tersebut

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan proses dan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pencarian piksel tengah dengan metode *median filtering* karena dapat mereduksi *noise* secara maksimal.
- b. Melakukan pengolahan menggunakan data yang disediakan sesuai resolusi temporal supaya benar-benar mendapatkan citra sintetik secara berkala.
- c. Melakukan cek lapangan untuk memvalidasi hasil klasifikasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, A. (1996). *Sistem Informasi Geografis*. (P. Christian, Ed.). Yogyakarta: ANDI.
- Chuvieco, E. (2009). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing 1st Edition*. (A. Huete, Ed.). CRC Press.
- Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Jakarta: Andi Publisher.
- Darma, P. (2009). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Department of the Interior U.S. Geological Survey. (2016). Department of the Interior U.S. Geological Survey. In *LANDSAT 8 (L8) DATA USERS HANDBOOK* (Vol. 8).
- Flusser, J., Sroubek, F., & Zitov, B. (2007). *Image Fusion : Principles , Methods , and Applications*.
- Gao, F., Masek, J., Schwaller, M., & Hall, F. (2006). On the Blending of the Landsat and MODIS Surface Reflectance : Predicting Daily Landsat Surface Reflectance, *44*(8), 2207–2218.
- Hilker, T., Wulder, M. A., Coops, N. C., Seitz, N., White, J. C., Gao, F., ... Stenhouse, G. (2009). Generation of dense time series synthetic Landsat data through data blending with MODIS using a spatial and temporal adaptive reflectance fusion model. *Remote Sensing of Environment*, *113*(9), 1988–1999. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.05.011>
- J. Carper, W , M. Lillesand, T , W. Kiefer, P. (1990). The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data. *PHOTOCRAMMETRIC ENGINEERING AND REMOTE SENSING*, *56*, 459–467.

- K. Shettigara, V. (1992). A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data. *PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING*, 58, 561–567.
- Lillesand, Thomas; Kiefer, Ralph W.; Chipman, J. W. (1999). *Remote Sensing and Image Interpretation, 4th Edition*. United States: John Willey & Sons.
- Lillesand, Thomas; Kiefer, Ralph W.; Chipman, J. W. (2003). *Remote Sensing and Image Interpretation, 5th Edition*. USA: John Willey & Sons.
- Mather, P. M. (2004). *Computer processing of remotely-sensed images*. USA: John Willey & Sons.
- Mitchell, H. . (2010). *IMAGE FUSION THEORIS, TECHNIQUES AND APPLICATIONS*. USA: Springer.
- Murti, B. (2011). *Validitas dan Reliabilitas Pengukuran. Matrikulasi Program Studi Studi Doktorat, Fakultas Kedokteran, UNS*.
- Pohl, C., & Van Genderen, J. L. (1998). International Journal of Remote Sensing Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *International Journal of Remote Sensing Int. j. Remote Sensing*, 19(5), 823–854. <https://doi.org/10.1080/014311698215748>
- Prasetyo, E. (2012). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlabe*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Price, J. (1994). How unique are spectral signatures? *Remote Sensing of Environment*, 49 IS-3 SP. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90013-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90013-2) UR
- Stathaki, T. (2008). *Image Fusion: Algorithms and Applications*. Great Britain: Academic Press is an imprint of Elsevier.

Sutanto. (1992). *Penginderaan jauh jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Suwargana, N. (2013). RESOLUSI SPASIAL , TEMPORAL DAN SPEKTRAL PADA CITRA SATELIT LANDSAT , SPOT DAN IKONOS, 1.

Syah, A. F. (2010). Dosen Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo, 3(1), 18–28.

Worldview-, I. (2014). WorldView-3.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Script STARFM

```
%Spatial and Temporal Adaptive Reflectance
Fusion Model (STARFM) Program
%Geospatial Laboratory
%Bachelor Thesis Undergraduate Program Geomatics
Engineering Department,
%Sepuluh Nopember Institute of Technology,
Surabaya, Indonesia
%Last Update 12-06-2018
```

```
Central filter.py
import numpy as np
pixel_dimension = 1124
central_pixel_dimension = pixel_dimension - 2

def parseInputPixel(filename):
    images = []
    with open(filename) as f:
        temp = []
        temp = f.readlines()
        # print(temp)
    images = np.array(temp[5:])

    stripped_line = []
    for row in images:
        new_row = row.replace(' ', ' ')
        new_row = new_row.replace(' ', ' ')
    ')
        new_row = new_row.replace(' ', ' ')
        new_row = new_row.replace('\n', '')
        new_row = new_row.split(' ')
        if new_row[0] == ':':
            new_row.pop(0)
        new_row = np.array(new_row)
        stripped_line.append(new_row)
    processed_img = np.array(stripped_line)
```



```

        return processed_img

def unsupervisedClassification(candidate_pixel,
center_pixel):
    row = 0
    classified_pixel =
np.zeros([pixel_dimension, pixel_dimension],
dtype=float)
    while(row<central_pixel_dimension):
        col = 0
        while(col <
central_pixel_dimension):
            threshold_pixel =
center_pixel[row][col]

            min_pixel = 1000000
            max_pixel = 0
            for i in range(0,3):
                for l in range(0, 3):
                    # print min_pixel
                    if
int(candidate_pixel[row+i][col+l]) > max_pixel:
                        max_pixel =
int(candidate_pixel[row+i][col+l])
                            if
int(candidate_pixel[row+i][col+l]) < min_pixel:
                                min_pixel =
int(candidate_pixel[row+i][col+l])

                threshold_point =
(float(min_pixel) + float(max_pixel)) / 2.0
                for i in range(0,3):
                    for l in range(0, 3):
                        if
float(candidate_pixel[row+i][col+l]) <
threshold_point:

                            classified_pixel[row+i][col+l] = 0
                                else:

```

```

        classified_pixel[row+i][col+1] =
center_pixel[row][col]
            col += 1
            row += 1
        return classified_pixel

def getCentralPixel(images):
    row = 0
    center_pixel = np.empty([pixel_dimension,
pixel_dimension], dtype=float)
    while(row<central_pixel_dimension):
        col = 0
        while(col<central_pixel_dimension):
            window_sum = 0
            for i in range(0,3):
                for l in range(0,3):
                    window_sum +=
int(images[row+i][col+l])
            new_pixel =
float(window_sum)/9.0
            center_pixel[row][col] =
new_pixel
            col += 1
            row += 1
        return np.array(center_pixel)

compute.py
import numpy as np
import central_filter
import write as w
from math import sqrt
from tqdm import tqdm
pixel_dimension = 1124
central_pixel_dimension = pixel_dimension - 2

Lkpixel = "WV_red_1812.txt"
Mkpixel = "L8_red_0701.txt"
M0pixel = "L8_red_2011.txt"

```

```

def computeDiff(first_img, second_img):
    diff_pixel = np.zeros([pixel_dimension,
pixel_dimension], dtype=float)
    row = 0
    while(row < pixel_dimension):
        col = 0
        while(col < pixel_dimension):
            diff_pixel[row][col] =
abs(float(first_img[row][col]) -
float(second_img[row][col]))
            col += 1
        row += 1
    return np.array(diff_pixel)

def computeDistance(candidate_pixel,
central_pixel):
    row = 0
    dist_pixel = np.zeros([pixel_dimension,
pixel_dimension], dtype=float)
    bar = tqdm(total=pixel_dimension)
    print "Computing distance\n"
    while(row<central_pixel_dimension):
        col = 0
        while(col <
central_pixel_dimension):
            threshold_pixel =
central_pixel[row][col]
            for i in range(0,3):
                for l in range(0, 3):
                    pos_y = row+i
                    pos_x = col+l
                    if pos_x == 1 and
pos_y == 1:
                        continue
                    elif
float(candidate_pixel[pos_y][pos_x]) ==
central_pixel[row][col]:
                        dist_pixel[pos_y][pos_x] = sqrt( (col -
pos_x)**2 + (row - pos_y)**2)

```

```

        col += 1
        bar.update(1)
        row += 1
    bar.close()
    return dist_pixel

def computeCombinedWeight(spec_diff, temp_diff,
dist_pixel):
    combined_pixel = np.ones([pixel_dimension,
pixel_dimension], dtype=float)
    row = 0
    while(row<pixel_dimension):
        col = 0
        while(col < pixel_dimension):
            combined_pixel[row][col] =
spec_diff[row][col] * temp_diff[row][col] *
dist_pixel[row][col]
            #Compute C[ijk]
            col += 1
        row += 1
    combined_sum = np.sum(combined_pixel)
    weight_pixel = np.ones([pixel_dimension,
pixel_dimension], dtype=float)
    row = 0
    print combined_sum
    while(row < pixel_dimension):
        col = 0
        while(col < pixel_dimension):
            if combined_pixel[row][col] !=
0:
                weight_pixel[row][col] =
(1 / combined_pixel[row][col]) / (1 /
combined_sum)
            col += 1
        row += 1
    return weight_pixel

def generatePrediction(Lk, Mk, M0, weight):
    pixel_result = np.empty([pixel_dimension,
pixel_dimension], dtype=int)

```

```

    row = 0
    print('Computing Prediction pixel')
    bar = tqdm(total=pixel_dimension)
    while(row<pixel_dimension):
        col = 0
        while(col < pixel_dimension):
            pixel_result[row][col] =
int(weight[row][col] * (float(M0[row][col]) +
float(Lk[row][col]) - float(Mk[row][col])))
            col += 1
        bar.update(1)
        row += 1
    bar.close()
    return pixel_result

if __name__ == '__main__':
    Lking =
central_filter.parseInputPixel(Lkpixel)
    Mking =
central_filter.parseInputPixel(Mkpixel)
    M0img =
central_filter.parseInputPixel(M0pixel)

    central_pixel =
central_filter.getCentralPixel(Lking)
    classified_pixel =
central_filter.unsupervisedClassification(Lking,
central_pixel)
    spec_diff = computeDiff(Lking, Mking)
    temporal_diff = computeDiff(Mking, M0img)
    dist_pixel =
computeDistance(classified_pixel, central_pixel)

    spec_candidate = spec_diff
    temporal_candidate = temporal_diff

    weight_pixel =
computeCombinedWeight(spec_candidate,
temporal_candidate, dist_pixel)

```

```

        pixel_result = generatePrediction(Lking,
Mking, M0img, weight_pixel)
        w.writePixel(pixel_result,
'pre_L8_red_2011.txt')

write.py
from math import sqrt
from tqdm import tqdm
import numpy as np
pixel_dimension = 1124
def writePixel(pixel_result, target_file,
pixel_type='regular'):
    print "Writing result to file\n"
    offset = len(pixel_result[0])
    bar = tqdm(total=offset)
    with open(target_file, 'w') as
output_file:
        row = 0
        output_file.write(";\n")
        output_file.write("; ENVI ASCII
Output\n")
        output_file.write("; File
Dimensions: "+str(pixel_dimension+1)+" samples x
"+str(pixel_dimension+1)+" lines x 1 band\n")
        output_file.write("; Line Format
: ("+str(pixel_dimension+1)+"i7)\n")
        output_file.write(";\n")
        while(row<offset):
            col = 0
            one_row = "    "
            while(col < offset):
                if pixel_type ==
'final':
                    temp =
int(pixel_result[row][col])
                    temp = str(temp)
                else:
                    temp =
"{0:.2f}".format(pixel_result[row][col])

```

```

        one_row = one_row + temp
+ "      "
        col += 1
        row += 1
        bar.update(1)
        output_file.write(one_row)
        output_file.write("\n")
    bar.close()
    return

def writePixelAsRow(pixel_result, target_file):
    print "Writing result as Row to file\n"
    offset = len(pixel_result[0])
    bar = tqdm(total=offset**2)
    with open(target_file, 'w') as
output_file:
        row = 0
        output_file.write(";\n")
        output_file.write("; ENVI ASCII
Output\n")
        output_file.write("; File
Dimensions: "+str(pixel_dimension**2)+" lines x
1 band\n")
        output_file.write("; Line Format
: ("+str(pixel_dimension**2)+"i7)\n")
        output_file.write(";\n")
        while(row<offset):
            col = 0
            while(col < offset):
                temp =
int(pixel_result[row][col])
                temp = str(temp)
                output_file.write(temp)
                output_file.write("\n")
                bar.update(1)
                col += 1
            row += 1
    bar.close()
    return

```

Lampiran 2. Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Nganjuk, 29 Februari 1996, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari Bapak Achmad Basrowi dan Ibu Siti Aminah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Hang Tuah 12 Surabaya, SMPN 7 Surabaya, SMAN 1 Surabaya dan lulus pada tahun 2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 Departemen Teknik Geomatika ITS dan tergabung sebagai angkatan G16. Selama menjadi mahasiswa S1, penulis cukup aktif di organisasi intra kampus yaitu sebagai staff Departemen Sosial Masyarakat BEM FTSP ITS 2015-2016 dan staff ahli Kajian Strategis Departemen Dalam Negeri HIMAGE-ITS 2016-2017, serta organisasi ekstra kampus yaitu staff Public Relation AIESEC Surabaya 2015-2016. Penulis pernah mengikuti kegiatan Kerja Praktek di BPPT Serpong selama satu bulan. Dalam penyelesaian syarat Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian Penginderaan Jauh, dengan Judul Tugas Akhir “Analisis Fusi Data Multi Sensor Menggunakan Algoritma Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model (Studi Kasus : WorldView-3 dan Landsat 8)”. Kontak penulis adalah karismarizkika@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”