

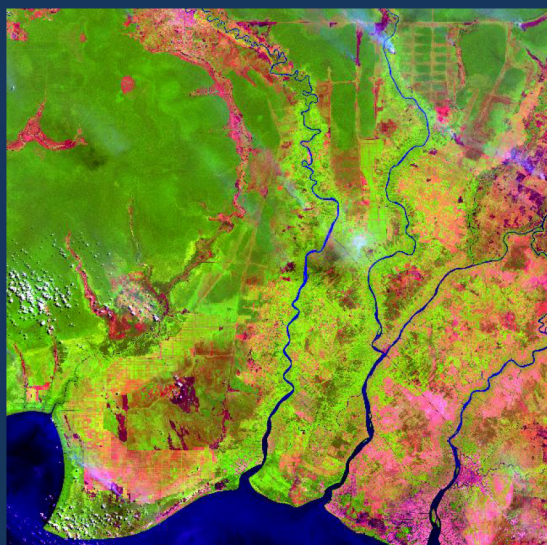
Jurnal

PENGINDERAAN JAUH DAN PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing

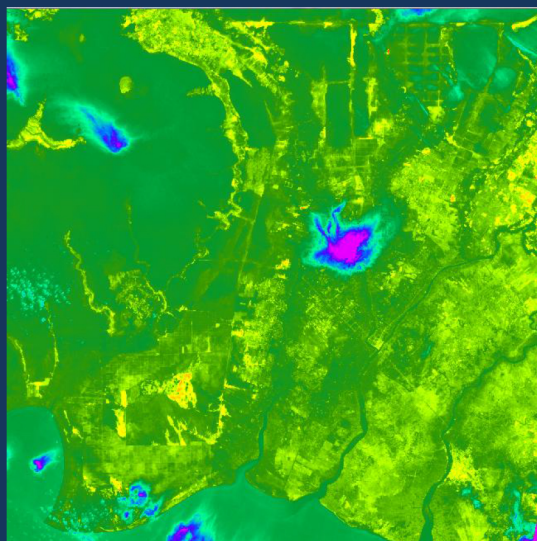
Vol.13 No. 1 Juni 2016

ISSN 1412 - 8098

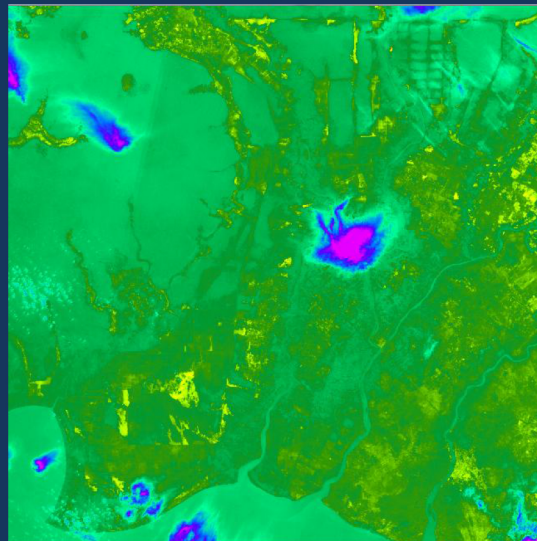
No. 610/AU/P2MI-LIPI/03/2015



RGB 654



TB 10



TB 11



Diterbitkan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
Jakarta - Indonesia

Jurnal **PENGINDERAAN JAUH DAN PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL** **Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing**

Vol.13 No. 1 Juni 2016

ISSN 1412 - 8098

No. 610/AU/P2MI-LIPI/03/2015

Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital berisi hasil penelitian dan pengembangan, dan/atau pemikiran di bidang teknologi dan aplikasi penginderaan jauh. Jurnal ini terbit sejak tahun 2004 dan dipublikasikan dua kali dalam setahun (Juni dan Desember)

SUSUNAN DEWAN PENYUNTING JURNAL PENGINDERAAN JAUH DAN PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL

Penyunting

• Ketua

Dr. Wikanti Asriningrum, M.Si (Aplikasi Penginderaan Jauh)/LAPAN

• Anggota

Dr. Indah Prasasti, M.Si (Aplikasi Penginderaan Jauh)/LAPAN

Dr. Dede Dirgahayu, M.Si (Aplikasi Penginderaan Jauh)/LAPAN

Ir. Wawan K. Harsanugraha, M.Si (Aplikasi Penginderaan Jauh)/LAPAN

Mitra Bestari

Dr. Nurul Khakim, M.Si (Kartografi-Penginderaan Jauh-SIG (tematik lingkungan pesisir dan kelautan))/UGM

Prof. Dr. I. Nengah Surati Jaya, M.Agr (Penginderaan Jauh Kehutanan)/IPB

Ir. Mahdi Kartasmita, MS, Ph.D. (Teknologi Penginderaan Jauh)/LAPAN

Dr. Ir. Irawan Muripto, M.Sc. (Oseanografi Perikanan dan Teknik Penangkapan Ikan)/STP

Dr. Vincentius P. Siregar, M.Sc. (Penginderaan Jauh Pesisir dan Kelautan)/IPB

Dr. Agustan (Aplikasi Penginderaan Jauh)/BPPT

Dr. Ir. Sidik Mulyono, M.Eng (Komputer Sains dan Penginderaan Jauh)/BPPT

SUSUNAN SEKRETARIAT REDAKSI JURNAL PENGINDERAAN JAUH DAN PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL

Pemimpin Umum

Ir. Christianus Ratrias Dewanto, M.Eng

Pemimpin Redaksi Pelaksana

Ir. Jasyanto, MM

Redaksi Pelaksana

Mega Mardita, S.Sos.,M.Si

Yudho Dewanto, ST

Dwi Haryanto, S.Kom

Aulia Pradipta, SS

Tata Letak

M. Luthfi

Gambar cover, Citra suhu kecerahan Landsat-8 kanal 10 (BT 10) dan kanal 11 (BT10) pada wilayah terbakar (Lokasi: Pulangpisau Kalimantan Tengah, path/row 118/062, 19 Agustus 2015)

Alamat Penerbit:

LAPAN, Jl. Pemuda Persil No. 1, Rawamangun, Jakarta 13220

Telepon : (021) - 4892802 ext. 144 - 145 (Hunting)

Fax : (021) - 47882726

Email : publikasi@lapan.go.id

Situs : <http://www.lapan.go.id>

<http://jurnal.lapan.go.id>

DAFTAR ISI

	Halaman
IDENTIFIKASI STRUKTUR GEOLOGI DAN PENGARUHNYA TERHADAP SUHU PERMUKAAN TANAH BERDASARKAN DATA LANDSAT 8 DI LAPANGAN PANASBUMI BLAWAN (IDENTIFICATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND ITS IMPACT TO LAND SURFACE TEMPERATURE BASED ON LANDSAT 8 DATA ON BLAWAN GEOTHERMAL FIELD) Anjar Pranggawan Azhari, Sukir Maryanto, dan Arief Rachmansyah	1 - 12
ANALISIS KARAKTERISTIK TEMPERATUR AREA TERBAKAR (BURNED AREA) MENGGUNAKAN DATA LANDSAT-8 TIRS DI KALIMANTAN (ANALYZING THE TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF BURNED AREA USING LANDSAT-8 TIRS IN KALIMANTAN) Suwarsono, Any Zubaidah, Parwati, dan M. Rokhis Khomarudin	13 - 22
ANALISIS TEMPERATUR DAN UAP AIR BERBASIS SATELIT TERRA/AQUA (MODIS, Level-2) (ANALYSIS OF TEMPERATURE AND WATER VAPOR BASED ON THE TERRA/AQUA SATELLITE (MODIS, LEVEL-2)) Sinta Berliana Sipayung, Krismianto, dan Risyanto	23 - 34
PERBANDINGAN HASIL KLASIFIKASI LIMBAH LUMPUR ASAM DENGAN METODE SPECTRAL ANGLE MAPPER DAN SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS BERDASARKAN CITRA LANDSAT - 8 (THE COMPARISON OF CLASSIFICATION OF ACID SLUDGE WITH SPECTRAL ANGLE MAPPER AND SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS METHOD BASED ON LANDSAT-8) Sayidah Sulma, Junita Monika Pasaribu, Hana Listi Fitriana, Nanik Suryo Haryani	35 - 48
PERBANDINGAN METODE KLASIFIKASI PENUTUP LAHAN BERBASIS PIKSEL DAN BERBASIS OBJEK MENGGUNAKAN DATA PiSAR-L2 (COMPARISON BETWEEN PIXEL-BASED AND OBJECT-BASED METHODS FOR LAND COVER CLASSIFICATION USING PiSAR-L2 DATA) R. Johannes Manalu, Ahmad Sutanto, dan Bambang Trisakti	49 - 60

Dari Redaksi

Sidang Pembaca yang kami hormati,

Puji syukur, kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karuniaNya, Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 13, No. 1, Juni 2016 hadir ke hadapan sidang pembaca.

Terbitan kali ini menengahkan 5 (lima) artikel yang ditulis oleh para peneliti bidang penginderaan jauh, yaitu: Anjar Pranggawan Azhari, Sukir Maryanto, dan Arief Rachmansyah menulis "Identifikasi Struktur Geologi dan Pengaruhnya Terhadap Suhu Permukaan Tanah Berdasarkan Data Landsat 8 di Lapangan Panasbumi Blawan (Identification of Geological Structure and its Impact to Land Surface Temperature Based on Landsat 8 Data on Blawan Geothermal Field)". Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur geologi dan gambaran sistem panasbumi Blawan-Ijen dengan aplikasi penginderaan jauh. Data penginderaan jauh khususnya citra multispektral komposit 753 Landsat 8 dan DEM SRTM digunakan sebagai data untuk mendelineasi struktur patahan di permukaan.

"Analisis Karakteristik Temperatur Area Terbakar (Burned Area) Menggunakan Data Landsat-8 Tirs di Kalimantan (Analyzing the Temperature Characteristics of Burned Area using Landsat-8 Tirs in Kalimantan)". Merupakan artikel kedua ditulis oleh Suwarsono, Any Zubaidah, Parwati, dan M. Rokhis Khomarudin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik temperatur *burned area* menggunakan data penginderaan jauh Landsat-8 TIRS (*Thermal Infra Red Sensor*). Lokasi penelitian yang dipilih adalah sebagian wilayah Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan yang masuk scene Landsat-8 path/row 118/062.

Artikel ketiga adalah "Analisis Temperatur dan Uap Air Berbasis Satelit Terra/Aqua (Modis, Level-2) (Analysis of Temperature and Water Vapor Based on the Terra/Aqua Satellite (Modis, Level-2))", ditulis oleh Sinta Berliana Sipayung, Krismianto dan Risyanto. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil ekstraksi data *Atmospheric Profiles* dari format HDF4 *swath* harian menjadi data *grided* harian, bulanan dalam format .dat serta aplikasinya pada periode bulan Desember 2014, Januari 2015 dan Juli, Agustus 2015 khususnya wilayah Indonesia dalam resolusi 1km yang terdiri dari temperatur dan uap air level-2.

Sayidah Sulma, Junita Monika Pasaribu, Hana Listi Fitriana, dan Nanik Suryo Haryani menulis "Perbandingan Hasil Klasifikasi Limbah Lumpur Asam dengan Metode Spectral Angle Mapper dan Spectral Mixture Analysis Berdasarkan Citra Landsat - 8 (The Comparison of Classification of Acid Sludge with Spectral Angle Mapper and Spectral Mixture Analysis Method Based on Landsat-8). Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi daerah tercemar lumpur asam menggunakan data Landsat 8 dengan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM), kemudian membandingkan hasil klasifikasi SAM menggunakan spektral referensi berdasarkan pengukuran spektrometer dengan spektral yang diperoleh dari *endmember* citra.

Artikel terakhir " Perbandingan Metode Klasifikasi Penutup Lahan Berbasis Pikel dan Berbasis Obyek Menggunakan Data PIsar-L2 (Comparison Between Pixel-Based and Object-Based Methods for Land Cover Classification using PIsar-L2 Data)", ditulis oleh R. Johannes Manalu, Ahmad Sutanto, dan Bambang Trisakti. Kegiatan ini menggunakan data PiSAR L-2 untuk klasifikasi penutup lahan di wilayah hutan dengan metode klasifikasi berbasis piksel dan berbasis objek, kemudian membandingkan kedua metode tersebut.

Kepada para Pembaca yang budiman, bersama ini kami sampaikan judul makalah pada terbitan Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 12 No. 2 Desember 2015 yang berjudul : Deteksi Daerah Tercemar Lumpur Asam Menggunakan Data Landsat 7 ETM Berdasarkan Suhu Permukaan Tanah, oleh: Sayidah Sulma, Junita Monika Pasaribu, dan Nanik Suryo Haryani "**ditarik**", dikarenakan judul makalah ini sudah diterbitkan untuk Vol. 11 No. 2 Desember 2014.

Demikian disampaikan, kami mohon ma'af atas ketidaknyamanan ini.

Sidang pembaca yang budiman,

Demikianlah kelima artikel yang kami sajikan dalam Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 13, No. 1, Juni 2016. Kami tunggu partisipasi aktif pembaca dengan mengirimkan kepada kami karya tulis ilmiah, tentang hasil penelitian, pengembangan dan atas pemikiran di bidang teknologi, pengembangan metode pengolahan data, dan/atau pengembangan pemanfaatan penginderaan jauh.

Semoga sidang pembaca dapat mengambil manfaatnya.

**IDENTIFIKASI STRUKTUR GEOLOGI DAN PENGARUHNYA
TERHADAP SUHU PERMUKAAN TANAH BERDASARKAN DATA
LANDSAT 8 DI LAPANGAN PANASBUMI BLAWAN
(IDENTIFICATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE AND ITS IMPACT
TO LAND SURFACE TEMPERATURE BASED ON LANDSAT 8 DATA
ON BLAWAN GEOTHERMAL FIELD)**

Anjar Pranggawan Azhari^{*)}, Sukir Maryanto^{}), dan Arief Rachmansyah^{***})**

^{*)}Program Pascasarjana Fisika, Universitas Brawijaya, Malang

^{}Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya, Malang**

^{*}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang**

¹e-mail: sukir@ub.ac.id (*coressponding author*)

Diterima 19 Januari 2016; Direvisi 4 April 2016; Disetujui 11 Mei 2016

ABSTRACT

This paper presented used remote sensing method for identification geological structure on Blawan-Ijengeothermal field and its system. Remote sensing data, specifically Landsat 8 and DEM SRTM, provide lineaments from the 753 multispectral band and the land surface temperature (LST) from single thermal infra red band using a retrieval method. Surface emissivity was determined based on Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) of study area. Remote sensing analysis is good approach to identification of geological structure from surface that control thermal manifestation in Blawan geothermal field. It shows Blawan fault is the main structure in geothermal field which associated with high LST and hot springs. Interpretation indicated reservoir of Blawan-Ijen geothermal system spread from Plalangan to southwest area.

Keywords: *Fault, Blawan-Ijen, Geothermal, Landsat, LST*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur geologi dan gambaran sistem panasbumi Blawan-Ijen dengan aplikasi penginderaan jauh. Data penginderaan jauh khususnya citra multispektral komposit 753 Landsat 8 dan DEM SRTM digunakan sebagai data untuk mendelineasi struktur patahan di permukaan. Suhu permukaan tanah diperoleh dari pengolahan citra thermal inframerah Landsat 8 dengan bantuan metode semi empiris. Emisivitas permukaan diperoleh berdasarkan klasifikasi indeks vegetasi NDVI daerah penelitian. Analisis data penginderaan jauh merupakan pendekatan yang cukup baik dalam mengidentifikasi struktur geologi yang mengontrol manifestasi panasbumi Blawan. Hasil interpretasi menunjukkan patahan Blawan adalah struktur utama di daerah geothermal Blawan yang berasosiasi dengan suhu permukaan tanah yang tinggi dan deretan mata air panas. Interpretasi mengindikasikan reservoir sistem panasbumi Blawan berada di bawah permukaan Plalangan dan menerus dari Plalangan menuju arah barat daya daerah penelitian.

Kata kunci: *Patahan, Blawan-Ijen, Panasbumi, Landsat, Suhu permukaan tanah*

1 PENDAHULUAN

Daerah penelitian yaitu Kompleks Ijen berada di Jawa Timur. Kompleks Ijen secara morfologi ditandai oleh kaldera Kendeng yang berdiameter 14-16 km di Utara dan deretan pegunungan di Selatan. Kompleks Ijen bermula akibat adanya proses vulkanik *Quaternary* dan erupsi pada gunung Ijen Tua. Di bagian dalam kaldera, topografi didominasi oleh banyak kerucut vulkanik (Bergen *et al.*, 2000). Dominasi batuan di kaldera Ijen yaitu batuan Ijen tua di utara dan batuan Ijen muda di kaldera internal (Sujanto *et al.*, 1988). Batuan Ijen tua terdiri dari breksi, lava, dan basalt-tuf, sedangkan batuan Ijen muda terdiri dari tuf, breksi, dan lava (Utama *et al.*, 2012). Terbentuknya Kaldera Ijen diikuti oleh terbentuknya danau purba Blawan, dengan diameter lebih dari 5 km, yang pernah ada di dalam Kaldera Ijen. Danau ini meninggalkan jejak lapisan sedimen klastik yang cukup tebal. Endapan danau ini terdapat di tebing bukit dan dataran luas yang sebagian tererosi oleh aliran sungai yang berada di wilayah ini dan tersesarkan oleh sebuah sesar (Sitorus *et al.*, 1990). Beberapa lokasi kemiringan lapisan ini terganggu oleh patahan yang terbentuk setelah Danau Blawan kering.

Daerah Blawan-Ijen adalah daerah berpotensi panasbumi (Afandi *et al.*, 2013; Raehanayati *et al.*, 2013). Potensi panasbumi di daerah ini

ditandai dengan adanya sebaran mata air panas di bagian utara dengan suhu tidak lebih dari 50°C. Munculnya mata air panas di sekitar Blawan akibat terbentuknya patahan di Kaldera bagian utara yang dikenal dengan nama Patahan Blawan (Zaenuddin *et al.*, 2012).

Struktur geologi seperti patahan dan rekahan seringkali mempunyai ciri tertentu di permukaan Bumi seperti kelurusan (Massinai *et al.*, 2014) dan patahan utama berasosiasi dengan suhu permukaan tanah yang tinggi di daerah potensi panasbumi (Qin *et al.*, 2011). Di permukaan, patahan dapat mengontrol pembelokan aliran sungai yang cukup tajam dan mengikuti arah patahan (Somantri, 2008).

Ciri struktur patahan tersebut dapat ditampakkan dengan bantuan citra Landsat 8 yang memiliki sensor multispektral. Citra multispektral Landsat 8 cukup baik digunakan sebagai data dalam mendelineasi kelurusan struktur secara otomatis. Hasil delineasi otomatis dikaji kembali secara visual pada DEM SRTM untuk menentukan kelurusan yang merupakan patahan. Sedangkan gejala struktur patahan terhadap suhu permukaan tanah dapat ditampakkan dengan citra inframerah thermal (TIR) Landsat 8. Penginderaan jauh dengan citra inframerah thermal sudah banyak dimanfaatkan untuk memperoleh data mengenai suhu permukaan tanah khususnya di daerah

potensi panasbumi. Selain itu suhu permukaan tanah merupakan salah satu indikator kunci pada daerah potensi panasbumi.

Berdasarkan hal-hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk i) mengidentifikasi struktur patahan secara otomatis berdasarkan kelurusan citra multispektral Landsat 8 dan menentukan pengaruhnya terhadap suhu permukaan tanah berdasarkan citra inframerah thermal Landsat 8 pada daerah penelitian, dan ii) menginterpretasi sistem panasbumi Blawan secara konseptual.

2 DATA DAN METODE

2.1 Data

Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra Landsat 8 OLI path 117 row 66 pada 8 Mei 2015 dan DEM SRTM 2012. Kedua data tersebut adalah data sekunder yang diunduh di laman USGS. Data multispektral Landsat 8 yang digunakan adalah band 7, band 5, dan band 3 untuk delineasi otomatis kelurusan struktur dengan metode *thresholding* sedangkan data DEM SRTM digunakan untuk delineasi secara visual. Data yang digunakan untuk menentukan estimasi suhu permukaan tanah adalah citra Landsat 8 band infra merah thermal dan citra multispektral band 5 dan band 4. Citra infra merah thermal yang digunakan hanya band 10.

Citra Landsat 8 berperan utama pada penelitian ini dimana sebaran suhu permukaan tanah dihitung berdasarkan citra inframerah thermalnya sedangkan struktur patahan didelineasi dari kelurusan hasil otomatisasi yang digunakan sebagai data pelengkap keberadaan patahan baru di lapangan yang tidak ditampilkan oleh peta geologi (Sujanto *et al.*, 1988) yang ada.

2.2 Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

2.2.1 Delineasi struktur patahan

Delineasi struktur patahan dilakukan dengan delineasi kelurusan struktur secara otomatis dengan metode *thresholding* kemudian dikaji secara visual hingga didapatkan struktur patahan pada fokus daerah penelitian. Tahapan dari delineasi tersebut yaitu dibuat komposit citra 753 Landsat 8. Pemilihan citra multispektral Landsat 8 komposit band 753 dikarenakan komposit band ini adalah yang terbaik dalam menampilkan struktur geologi (Hashim *et al.*, 2013). Komposit 753 terlebih dahulu dikoreksi radiometrik dengan *Top of Atmospheric (ToA) Reflectance*. Setelah itu, citra ditapis dengan operator Sobel 3x3. Terakhir citra hasil tapis didelineasi kelurusannya secara otomatis dengan algoritma *LINE* pada perangkat lunak *PCI Geomatica* dengan metode *thresholding*. Algoritma tersebut meliputi tiga tahapan yaitu *edge detection*, *thresholding*, dan *curve extraction*. Parameter yang digunakan pada delineasi ini adalah *RADI* (radius deteksi tepi), *GTHR* (nilai minimum gradien *threshold*), *LTHR* (panjang minimum untuk menyambungkan garis delineasi), *FTHR* (*error* maksimum dalam mencocokkan *polyline* ke lengkung piksel), *ATHR* (angular maksimum antar segmen dalam *polyline*), dan *DTHR* (piksel minimum untuk menyambungkan titik akhir antar garis). Besarnya nilai parameter yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada parameter terbaik dalam delineasi kelurusan pada tutupan lahan yang rapat yaitu *RADI*=3, *GTHR*=30, *LTHR*=30, *FTHR*=5, *ATHR*=30, dan *DTHR*=30 (Hashim *et al.*, 2013).

Hasil delineasi otomatis dibandingkan dengan delineasi secara visual pada citra DEM SRTM 2012 yang diberi efek *hill shading* dengan sudut iluminasi sebesar 10°. Delineasi pada DEM SRTM dilakukan dalam tampilan 2D dan 3D.

Analisis ketelitian hasil deliniasi kelurusan struktur patahan masih terbatas secara kualitatif dengan cara tumpang tindih dan membandingkan arah kelurusan dominan kelurusan utama dengan patahan utama di peta geologi daerah penelitian.

2.2.2 Metode Perhitungan Suhu Permukaan Tanah

Suhu permukaan tanah pada daerah penelitian dihitung dengan metode semi empiris dimana emisivitas permukaan diperoleh berdasarkan klasifikasi nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Nilai NDVI sendiri diperoleh dengan algoritma berikut ini

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (2-1)$$

Dengan ρ_{nir} dan ρ_{red} adalah nilai reflektansi kanal 5 dan kanal 4.

Nilai emisivitas tanah dikategorikan oleh Sobrino *et al.* dalam Qin *et al.* (2011) ke dalam tiga kelompok yaitu a) $NDVI < NDVI_s$ (0.2), nilai emisivitas tanahnya, ϵ_s , adalah 0.97, b) $NDVI > NDVI_v$ (0.65), nilai emisivitas tanahnya (ϵ_v) adalah 0.99, dan c) $0.2 \leq NDVI \leq 0.65$, emisivitasnya dinyatakan oleh persamaan

$$\epsilon = mP_v + n \quad (2-2)$$

dengan

$$m = \epsilon_v - \epsilon_s - (1 - \epsilon_s)F\epsilon_v \quad (2-3)$$

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad (2-4)$$

$n = \epsilon_s + (1 - \epsilon_s)F\epsilon_v$	(2-5)
--	-------

Dimana $F = 0.55$ serta $NDVI_v$ dan $NDVI_s$ secara berturut-turut merepresentasikan NDVI dari vegetasi dan tanah.

Suhu permukaan tanah diperoleh dari pengolahan kanal inframerah thermal citra Landsat 8 yaitu kanal 10. *Digital number* kanal 10 terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk radiansi. Suhu permukaan tanah dihitung mengikuti

persamaan Jimenez-Munoz dan Sobrino dalam Qin *et al.* (2011) sebagai berikut:

$$T_s = \frac{T_{sensor}}{1 + \left(\lambda \frac{T_{sensor}}{h c / j} \right) \ln \epsilon} - 273 \quad (2-6)$$

dengan T_s adalah suhu permukaan tanah dalam °C, λ adalah panjang gelombang emisi radiansi efektif pada sensor TIR (11.5µm), h adalah tetapan Planck (6.626x10⁻³⁴ Js), c adalah kecepatan cahaya (2.998 x 10⁸ m.s⁻¹), j adalah tetapan Boltzmann (1.38 x 10⁻²³ JK⁻¹). T_{sensor} adalah kecerahan suhu dalam satuan Kelvin yang dihitung berdasarkan persamaan berikut (USGS, 2015):

$$T_{sensor} = \frac{K_2}{\ln\left(1 + \frac{K_1}{L_{sensor}}\right)} \quad (2-7)$$

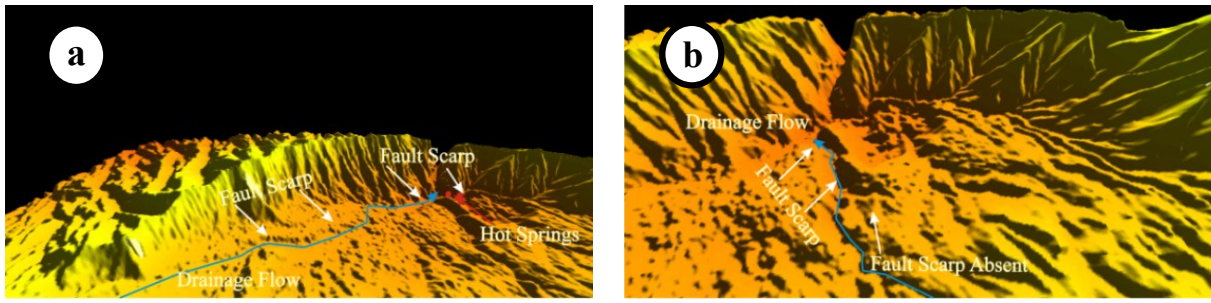
dengan K_1 dan K_2 adalah tetapan konversi spesifik kanal inframerah thermal yang terdapat pada metadata citra, dan L_{sensor} adalah *digital number* kanal10 yang telah diubah ke dalam nilai radiansi.

Validasi suhu permukaan tanah yang dihasilkan dari data Landsat 8 dilakukan dengan membandingkan *trend* nilainya dengan hasil pengecekan di lapangan pada beberapa titik. Perbandingan keduanya dapat dilihat pada Gambar 3-6.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kelurusan Struktur dari Penginderaan Jauh

Hasil deliniasi otomatis pada citra Landsat 8 OLI komposit 753 ditunjukkan oleh Gambar 3-1. Kelurusan yang terdeliniasi otomatis pada Gambar 3-1 masih berasosiasi dengan pola pengarian dan jalan raya sehingga dibandingkan dengan analisis visual 2D dan 3D DEM SRTM (Gambar 3). Hasil akhir deliniasi kelurusan struktur yang terdiri dari tujuh patahan ditunjukkan oleh Gambar 3.2.

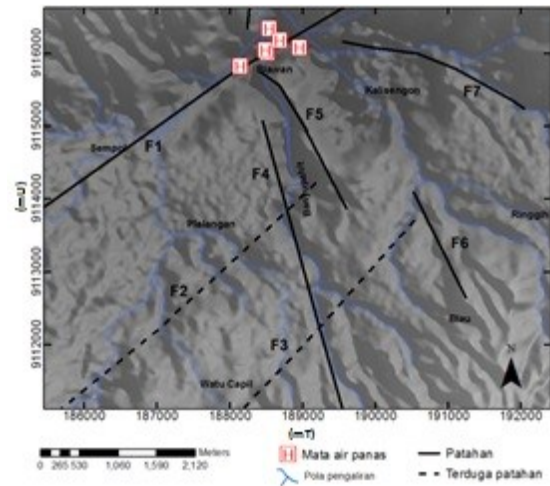


Gambar 3-3: Visualisasi 3D DEM SRTM dengan efek *hill shade* di a) patahan Blawan, F1 dan b) graben Sungai Bayupahit, F4 dan F5

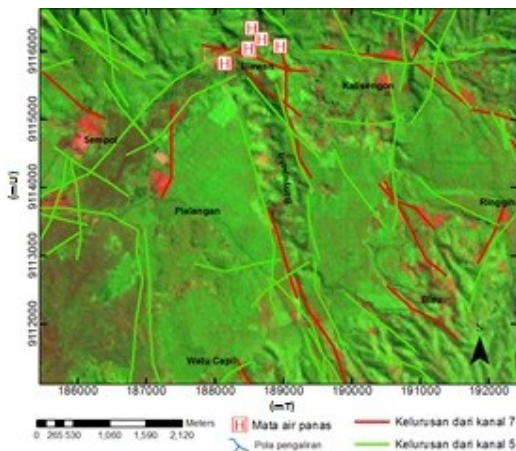
Gambar 3-2 dan 3-3a menunjukkan bahwa F1 adalah patahan Blawan berarah barat daya – timur laut seperti yang ditunjukkan pula oleh Sujanto *et al.* (1988) pada peta geologi kompleks Ijen. Gawir patahan Blawan digambarkan oleh bayang gelap. Patahan Blawan berasosiasi dengan Sungai Kalisat di daerah Sempol dan sebagian tertutup oleh sedimen danau purba Blawan sehingga gawir tampak tidak tegas. Di samping itu, deretan mata air panas di desa Blawan mengikuti kecenderungan arah dari kelurusan F1 hasil delineasi. Hal tersebut adalah bukti-bukti yang menunjukkan bahwa kelurusan F1 adalah patahan.

F2 dan F3 pada Gambar 3-2 dan Gambar 3-3b diidentifikasi berdasarkan adanya pergeseran jejak perlapisan dan hilangnya jejak perlapisan di sisi lain. Kelurusan struktur F2 diinterpretasikan sebagai patahan geser karena mengakibatkan pembelokan arah aliran sungai Banyupahit yang melewatinya.

Shading gelap disekitar sungai Banyupahit memperlihatkan gawir patahan F4 dan F5. Gawir ini memanjang dengan arah utara – selatan dengan kontur elevasi yang sangat rapat yang merepresentasikan kemiringan yang curam dengan inklinasi yang sama. Kedua patahan (F4 dan F5) di Sungai Banyupahit ini membentuk graben walaupun panjang keduanya berbeda.



Gambar 3-2: Kelurusan struktur akhir hasil delineasi otomatis komposit 753 Landsat 8 OLI yang dikaji ulang dengan delineasi visual pada DEM SRTM



Gambar 3-1: Kelurusan struktur (garis merah dan hijau muda) hasil delineasi otomatis komposit 753 Landsat 8 OLI 8 Mei 2015 terkoreksi *ToA Reflectance*

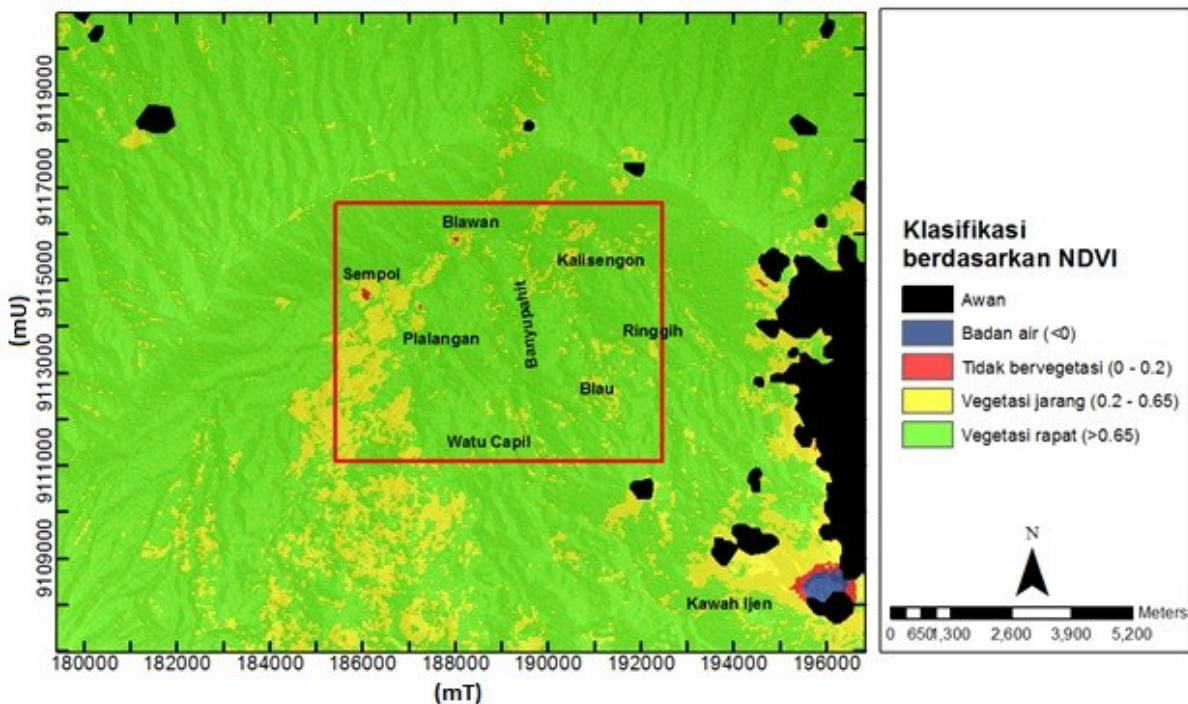
Struktur patahan hasil delineasi masih dapat diterima menurut hasil analisa kualitatif karena memiliki posisi dan arah dominan yang sama dengan patahan di peta geologi daerah penelitian yaitu berarah barat daya – timur laut. Namun untuk beberapa patahan baru perlu dilakukan pengecekan di lapangan untuk melanjutkan penelitian ini. Perlunya pengecekan lapangan lebih lanjut juga termasuk untuk menentukan panjang patahan sebenarnya mengingat

resolusi citra Landsat 8 yang terbatas sebesar 30 meter.

3.2 Indeks Vegetasi dan Suhu Permukaan Tanah dari Landsat 8 OLI

Indeks vegetasi yang dinyatakan oleh NDVI pada Gambar 3-4 dihitung dengan menggunakan persamaan 2-1. Indeks vegetasi menyatakan kerapatan vegetasi yang menutupi suatu permukaan. Nilai indeks vegetasi NDVI dapat dijadikan untuk menentukan emisivitas permukaan secara empiris dan mampu menonjolkan aspek kerapatan vegetasi secara implisit (Danoedoro, 2012). Kerapatan vegetasi dan tutupan lahan diklasifikasikan sebagai badan air untuk $NDVI < 0$, lahan gundul atau tidak bervegetasi untuk $0 \leq NDVI < 0.2$, lahan campuran atau bervegetasi jarang untuk $0.2 \leq$

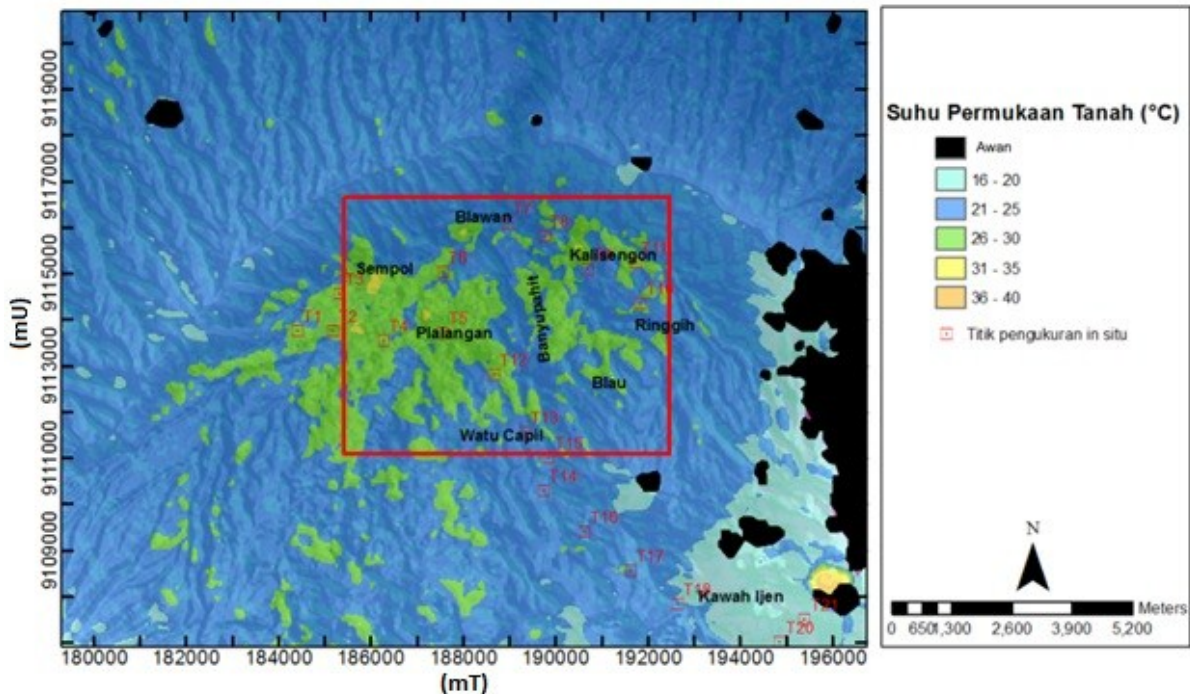
$NDVI \leq 0.65$ (Sobrino *et al.*, 2004), dan lahan bervegetasi rapat untuk $NDVI > 0.65$ (Qin *et al.*, 2011). Pada kotak merah (Gambar 3-4) sebagai daerah fokus penelitian, lahan bervegetasi rapat mendominasi permukaan diikuti oleh lahan campuran dan lahan gundul. Bagian barat daerah penelitian didominasi oleh lahan campuran. Lahan campuran dengan vegetasi jarang ini tersebar semakin luas dari utara ke selatan. Daerah yang ditandai oleh warna merah adalah lahan gundul. Daerah ini berada di Sempol dan Blawan. Lahan gundul ini mengindikasikan bahwa daerah ini lebih aktif secara thermal di bawah permukaan dibandingkan dengan lahan campuran dan lahan bervegetasi rapat (Mia *et al.*, 2014).



Gambar 3-4: Klasifikasi lahan Kompleks Ijen dan daerah penelitian (kotak merah) berdasarkan NDVI dari Landsat 8 OLI 8 Mei 2015

Berdasarkan Gambar 3-5, estimasi suhu permukaan tanah pada fokus daerah penelitian lebih tinggi dibandingkan dengan area sekitarnya yang berada di dalam Kaldera Kompleks Ijen kecuali di kawah Gunung Ijen yang suhu permukaannya mencapai 36°C. Berdasarkan penelitian Gunawan *et al.* (2016) menggunakan kamera thermal *Forward-Looking Infrared (FLIR)* model T650sc menunjukkan suhu permukaan di kawah Ijen berkisar antara 21°C sampai 28°C pada September 2014 terkecuali pada bibir kawah yang terdapat fumarole yaitu 37,2°C sampai 39,5°C.

Suhu permukaan tanah pada fokus penelitian berkisar 21°C sampai 34°C sedangkan suhu permukaan tanah di Kompleks Ijen adalah 16°C sampai 40°C dan sebagian besar bernilai 21°C - 25°C. Suhu permukaan tanah sejatinya diperoleh dari radiasi total oleh panas interior Bumi dan panas permukaan tanah. Suhu atmosfer di permukaan secara lokal memiliki karakteristik yang identik dan dianggap konstan sehingga tidak mempengaruhi suhu permukaan secara ekstrim (Qin *et al.*, 2011).



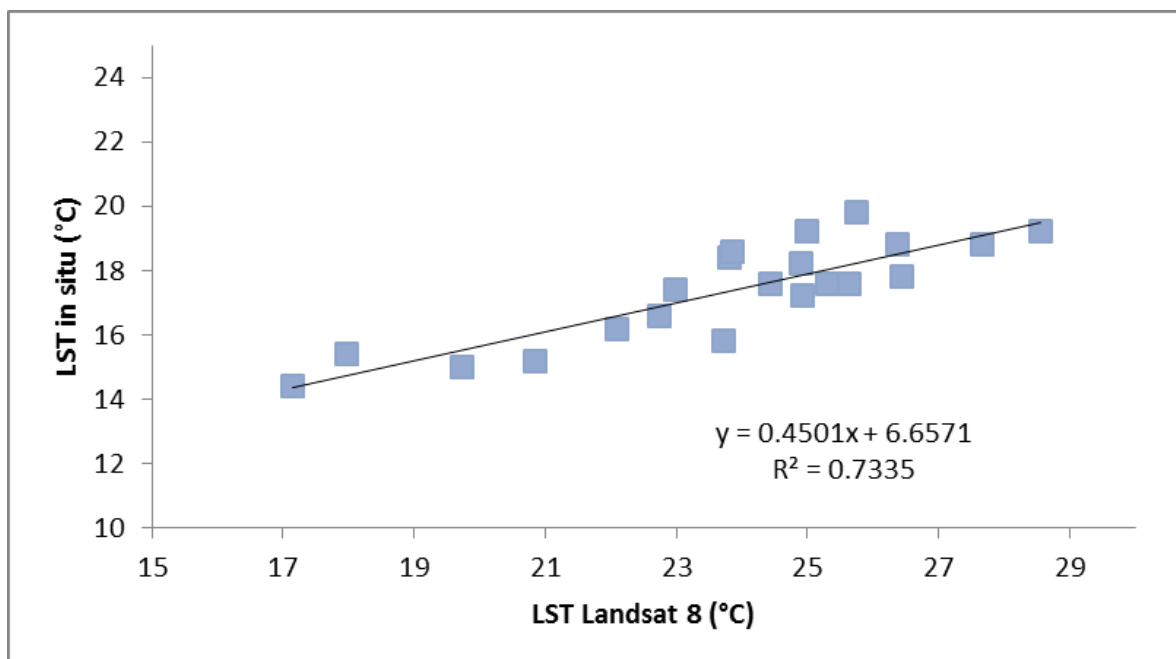
Gambar 3-5: Suhu permukaan tanah Kompleks Ijen dan fokus daerah penelitian (kotak merah) berdasarkan citra thermal Landsat 8 OLI 8 Mei 2015 dan 21 titik pengukuran di lapangan

Trend yang sama juga diperlihatkan oleh hasil pengukuran di lapangan pada beberapa titik. Perbandingan antara suhu permukaan tanah hasil pengukuran di lapangan dan hasil pengolahan citra ditunjukkan oleh grafik korelasi pada Gambar 3-6. Korelasi tersebut cukup erat dengan nilai $R^2=0.7335$.

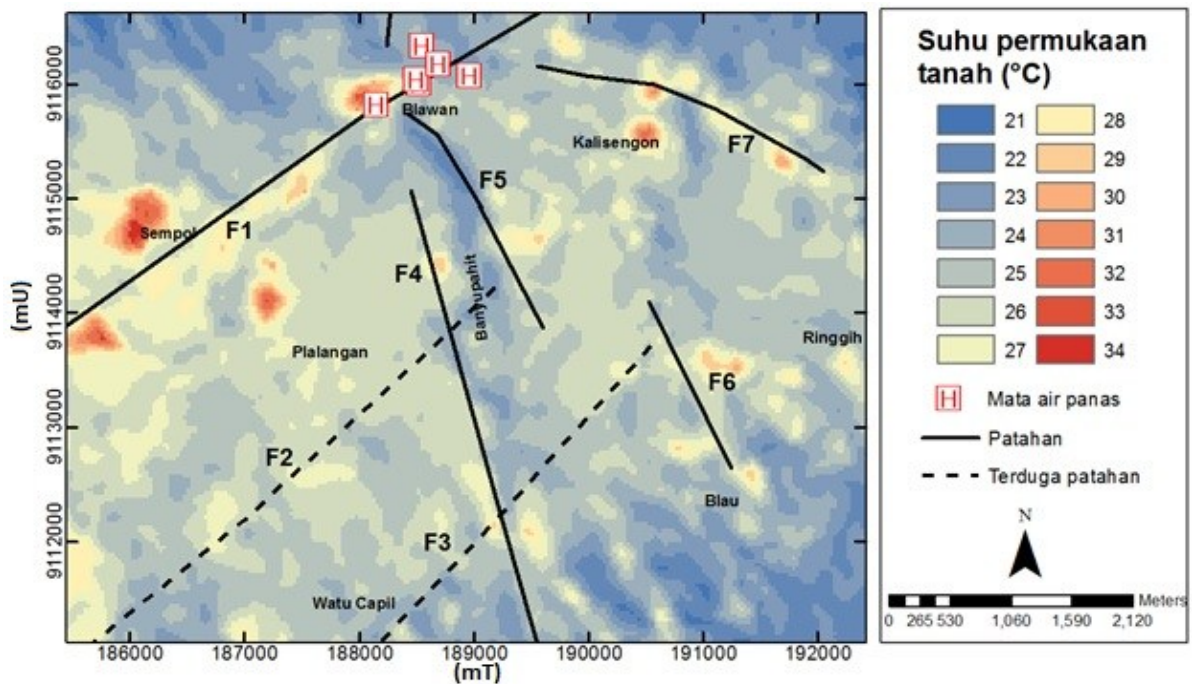
Konduktivitas batuan berperan utama sebagai jalur transfer panas di litosfer Bumi, namun konveksi panas tidak dapat diabaikan begitu saja pada lapangan panasbumi. Hal ini dikarenakan energi dari sumber panas pada sistem panasbumi ditransfer pula melalui fluida menuju permukaan. Salah satu fluida ini adalah air yang berada di bawah permukaan. Fluida ini bersirkulasi membawa panas di dalam lapisan reservoir panasbumi. Sebagian fluida bergerak menuju ke permukaan Bumi dan muncul sebagai mata air panas. Fluida panas ini bergerak melalui zona lemah seperti patahan dan rekahan yang terkoneksi ke reservoir. Beberapa kasus seperti yang dinyatakan oleh Qin *et al.* (2011) dan Wu *et al.* (2012) bahwa patahan berasosiasi dengan deretan

mata air panas dan suhu permukaan tanah yang tinggi.

Berdasarkan *overlay* antara struktur patahan dan suhu permukaan tanah pada Gambar 3-7, jelas terlihat bahwa pola patahan Blawan (F1) diikuti oleh pola suhu permukaan tanah yang tinggi (warna merah dan jingga) dan deretan mata air panas, sehingga patahan Blawan adalah patahan utama pengontrol manifestasi panas sistem panasbumi Blawan. Kondisi ini dikarenakan sebaran lapisan bawah permukaan yang membawa manifestasi panas bumi Blawan teridentifikasi menyebar mengikuti patahan Blawan dan pola aliran sungai yang mengarah ke timur laut setelah diinvestigasi dengan metode geolistrik dan *Ground Penetrating Radar* oleh Maryanto *et al.*, (2016). Lebih lanjut, lapisan pembawa panas di sekitar sungai merupakan lapisan berpori yang dapat dilalui fluida. Patahan lainnya tidak terasosiasi dengan suhu permukaan yang tinggi mengindikasikan patahan-patahan tersebut tidak mengontrol manifestasi panasbumi di area penelitian.



Gambar 3-6: Korelasi antara suhu permukaan tanah berdasarkan citra thermal Landsat 8 OLI 8 Mei 2015 dan suhu permukaan tanah di lapangan (in situ) bulan Mei pada 21 titik pengukuran



Gambar 3-7: Overlay struktur patahan dan mata air panas pada estimasi suhu permukaan tanah daerah penelitian berdasarkan citra thermal Landsat 8 OLI 8 Mei 2015

Arah pergerakan relatif dari patahan yang terdelineasi dapat diperkirakan. Patahan Blawan (F1) diperkirakan adalah patahan normal dimana blok di sepanjang selatan bergerak relatif turun dibandingkan blok di utara patahan Blawan. Topografi di blok selatan lebih rendah dibandingkan dengan topografi di utaranya. Jenis pergerakan yang sama dialami oleh patahan F5 dan F6 yaitu pergerakan patahan normal, dimana di sebelah barat patahan F5 dan F6 relatif bergerak turun. Selain membentuk graben bersama patahan F5, struktur patahan F4 menyebabkan pergeseran sungai yang sangat tajam (Gambar 3-2 dan Gambar 3-3). Bukti ini mengindikasikan patahan F4 adalah kombinasi patahan normal dan patahan geser.

Zona luahan pada sistem panasbumi Blawan diperkirakan berada di sekitar desa Blawan. Zona luahan ini ditunjukkan oleh manifestasi panasbumi pada zona luahan adalah mata air panas Blawan. Mata air panas ini bergerak dan muncul ke permukaan melalui patahan Blawan. Selain itu zona luahan ditandai dengan suhu permukaan

yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah disekitarnya.

Air meteorik seperti air hujan bergerak masuk ke reservoir panasbumi dikarenakan adanya gaya gravitasi. Air bergerak dari tempat dengan elevasi tinggi menuju tempat elevasi rendah melalui celah-celah yang ada. Celah itu kemungkinan besar adalah struktur patahan-patahan di sekitar Sungai Banyupahit (F2, F3, F4, F5) dan patahan F6 di sekitar Gunung Blau. Struktur patahan ini ditandai pula dengan suhu permukaan tanah yang lebih rendah dibandingkan dengan suhu permukaan patahan Blawan seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 3-6. Berdasarkan tanda-tanda ini daerah Sungai Banyupahit dan Gunung Blau adalah zona *recharge* panasbumi Blawan.

Suhu permukaan tanah di Plalangan dan Blawan dipengaruhi secara langsung dari reservoir panas bumi yang memiliki gradien suhu yang lebih tinggi dibandingkan disekitarnya. Hal ini diperlihatkan oleh suhu permukaan tanah yang cukup tinggi dan seperti yang diungkapkan oleh Raehanayati *et al.*, (2013) dan Afandi *et*

al., (2013) bahwa reservoir panasbumi Blawan berada di bawah permukaan Plalangan dan Blawan. Reservoir panasbumi Blawan kemungkinan dipanaskan oleh intrusi di sekitar reservoir yang berada di Watu Capil (Raehanayati *et al.*, 2013; Riani *et al.*, 2013). Selain itu di tenggara reservoir terdapat Gunung Blau. Gunung Blau adalah jalur magma yang paling tua sekitar 50.000 tahun lalu yang berada di dalam kaldera Ijen (Bergen *et al.*, 2000).

Lebih jauh jika melihat Gambar 3-5 dan Gambar 3-7, suhu permukaan yang tinggi mengindikasikan reservoir panasbumi menerus dari Plalangan menuju barat daya. Klasifikasi NDVI (Gambar 3-4) pun mendukung hal ini dimana lahan campuran yang lebih aktif secara thermal mengikuti arah sebaran yang sama ke arah barat daya. Namun Utama *et al.*, (2012) menyatakan bahwa prospek panasbumi di Kompleks Ijen dibagi menjadi dua yaitu sistem yang mengarah ke Blawan dan sistem yang mengarah ke Gunung Djampit yang berada di barat daya daerah penelitian. Penyelidikan di daerah perkiraan kemenerusan untuk melihat batasan dari kedua sistem perlu dilakukan lebih lanjut untuk memahami sistem di kompleks Ijen secara keseluruhan.

4 KESIMPULAN

Penggunaan data penginderaan jauh Landsat 8 dan DEM SRTM dapat digunakan untuk mendeteksi struktur geologi baru di daerah Blawan-Ijen serta pengaruhnya terhadap suhu permukaan tanah. Hasil penelitian mengindikasikan i) patahan Blawan sebagai patahan utama sebagai jalur fluida panas sehingga berasosiasi dengan suhu permukaan tanah yang tinggi dengan korelasi antara suhu permukaan tanah in situ dan citra thermal Landsat 8 sebesar 0,73, ii) daerah Blawan adalah zona luahan dan daerah Sungai Banyupahit dan Gunung Blau sebagai zona *recharge* sistem panasbumi

Blawan, iii) adanya indikasi kemenerusan reservoir di bawah permukaan Blawan dan Plalangan menuju arah barat daya daerah penelitian yaitu ke arah Djampit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi 2015, NSF – USAID 2015 PGA 2000005053, dan kelompok penelitian BRAVO ENERGEOBHAS (PHK RG-A) yang memberikan dukungan sekaligus pemikiran dalam penelitian ini serta USGS yang telah menyediakan citra Landsat 8 OLI, James Foster dari *University of Hawaii*, USA, atas masukan dan diskusinya.

DAFTAR RUJUKAN

- Afandi, A., Maryanto, S., dan Rachmansyah, A., 2013. *Identifikasi Reservoar Panasbumi Dengan Metode Geomagnetik Daerah Blawan Kecamatan Sempol Kabupaten Bondowoso*, Journal Neutrino Vol. 6, No. 1, October 2013.
- Bergen, M.J., Bernard, A., Sumarti, S., Sriwana, T., dan Sitorus, K., 2000. *Crater Lakes of Java: Dieng, Kelud and Ijen*, Excursion Guidebook IAVCEI General Assembly, Bali.
- Danoedoro, Projo, 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Gunawan, H., Caudron, C., Pallister, J., Primulyana, S., Christenson, B., Mccausland, W., Hinsberg, V., Lewicki, J., Rouwet, D., Kelly, P., Kern, C., Werner, C., Johnson, J.B., Utami, S.B., Syahbana, D.K., Saing, U., Suparjan, Purwanto, B.H., Sealing, C., Cruz, M.M., Maryanto, S., Bani, P., Laurin, A., Schmid, A., Bradley, K., Nandaka, I.G.M.A., dan Hendrasto, M., 2016. *New Insights Into Kawah Ijen's Volcanic System From The Wet Volcano Workshop Experiment*, Geological Society London Special Publications, Vol. 437, doi.org/10.1144/SP437.7.
- Hashim, M., Ahmad, S., Johari, M.A.M., dan Pour, A.B., 2013. *Automatic Lineament Extraction in A Heavily Vegetated Region using Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Imagery*, Advances in Space Research, Vol. 51, 874-890.

- Massinai, M.A., Rusman, S., dan Syamsuddin, 2014. *Struktur Geologi Sulawesi Barat Ditinjau dari Kelurusan Geomorfologi Regional*, Proceeding Seminar Nasional Geofisika 2014, Makassar, 13 September 2014.
- Mia, M.B., Nishijima, J., dan Fujimitsu, Y., 2014. *Exploration and Monitoring Geothermal Activity using Landsat ETM+ Images, A Case Study at Aso Volcanic Area in Japan*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 275, 14-21.
- Qin, Q., Zhang, N., Nan, P., dan Chai, L., 2011. *Geothermal Area Detection using Landsat ETM+ Thermal Infrared Data and its Mechanistic Analysis – A Case Study in Tengchong, China*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 13, 552-559.
- Raehanayati, Maryanto, S., dan Rachmansyah, A., 2013. *Studi Potensi Geotermal Blawan-Ijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity*, Jurnal Neutrino, Volume 6, No.1.
- Riani, E., Maryanto, S., dan Rachmansyah, A. 2013. *Subsurface Geological Survey Based on Gravity Method in Ijen Volcano, East Java*, Physics Student Journal UB, Vol. 1, No. 1, 62-64.
- Sitorus, K., M, A. Purbawinata, dan A. Zaennudin. 1990. *Geologi Kaldera Ijen*, Pusat vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J.C., dan Paolini, L., 2004. *Land Surface Temperature Retrieval from Landsat TM5*, Remote Sensing of Environment, Vol. 90, No. 4, 434-440.
- Somantri, Lili. 2008. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Mengidentifikasi Patahan Lembang*, http://file.upi.edu/Direktori/FPIPS/JUR._PEND._GEOGR/AFI/132314541-LILI_SOMANTRI/pj_patahan_lembang.pdf, download 13 April 2015.
- Maryanto, S., Suciningtyas, I.K.L.N., Dewi, C.N., dan Rachmansyah, A., 2016. *Integrated Resistivity and Ground Penetrating Radar Observations of Underground Seepage of Hot Water at Blawan-Ijen Geothermal Field*, International Journal of Geophysics, Volume 2016 (2016) Article ID 6034740.
- Sujanto, Syarifuddin, M.Z., dan Sitorus, K. 1988. *Geological Map of The Ijen Caldera Complex, East Java*, Direktorat Vulkanologi.
- USGS. 2015. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook L8SDS-1574 Version 1.0*, Departement of the Interior USGS.
- Utama, A.P., Dwinanto, A., Situmorang, J., Hikmi, M., dan Irshamukhti, R. 2012. *Green Field Geothermal System in Java, Indonesia*, Proceedings 1st ITB Geothermal Workshop 2012 at Bandung, Indonesia, 6-8 Maret 2012.
- Wu, W., Zou, L., Shen, X., Lu, S., Su, N., Kong, F., Dong, Y., 2012. *Thermal Infrared Remote-Sensing Detection of Thermal Information Associated with Faults: A Case Study in Western Sichuan Basin, China*, Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 43, 110-117.
- Zaenuddin, A., Wahyudin, D. Surmayadi, M., dan Kusdinar, E., 2012. *Prakiraan Bahaya Letusan Gunung Api Ijen Jawa Timur*, Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 3, No. 2, 109-132.

**ANALISIS KARAKTERISTIK TEMPERATUR AREA TERBAKAR
(BURNED AREA) MENGGUNAKAN DATA LANDSAT-8 TIRS
DI KALIMANTAN
(ANALYZING THE TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF BURNED
AREA USING LANDSAT-8 TIRS IN KALIMANTAN)**

Suwarsono¹, Any Zubaldah, Parwati, dan M. Rokhis Khomarudin

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Kalisari Lapan No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710, Indonesia

¹e-mail: suwarsono@lapan.go.id/landsono@yahoo.com

Diterima 27 Januari 2016; Direvisi 4 April 2016; Disetujui 27 Juni 2016

ABSTRACT

Biomass burning in an area will leave traces of fire such as charcoal, ash, and outcrop of land in the area known as the burned area. The burnt area is thought to have a relatively higher temperature than the surrounding area were not burned. This study aims to determine the characteristics of the temperature of the burned area using remote sensing data of Landsat-8 TIRS (Thermal Infra Red Sensor). The selected research locations are parts of Central Kalimantan and South Kalimantan incoming Landsat scene-8 path / row 118/062. The research method is a data processing Landsat-8 TIRS (channels 10 and 11) to produce an image of the brightness temperature as well as data analysis includes a statistical analysis of central tendency of the values of the brightness temperature of the sample (calculation of mean and standard deviation) as well as distance calculation (D-value). The results showed that the brightness temperature data either channel 10 or channel 11 Landsat-8 TIRS has good ability in separating the burned area and bare soil, but has a low ability to separate the burned areas and settlements. Thus, the brightness temperature parameter cannot be used as a single variable for the extraction of burned areas in a scene image of a single acquisition.

Keywords: *Burned area, Temperatur, Landsat-8 TIRS*

ABSTRAK

Peristiwa kebakaran biomassa pada suatu daerah akan menyisakan bekas-bekas kebakaran seperti arang, abu, serta singkapan tanah pada daerah tersebut yang dikenal dengan *burned area*. Daerah bekas kebakaran tersebut diduga memiliki temperatur yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang tidak terbakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik temperatur *burned area* menggunakan data penginderaan jauh Landsat-8 *Thermal Infra Red Sensor* (TIRS). Lokasi penelitian yang dipilih adalah sebagian wilayah Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan yang masuk *scene* Landsat-8 path/row 118/062. Metode penelitian yang dilakukan adalah pengolahan data Landsat-8 TIRS (kanal 10 dan 11) untuk menghasilkan citra suhu kecerahan serta analisis data yang meliputi analisis statistik tendensi sentral dari nilai-nilai suhu kecerahan dari sampel (perhitungan rerata dan standar deviasi) serta perhitungan jarak (*D-value*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa data suhu kecerahan baik kanal 10 maupun kanal 11 Landsat-8 TIRS memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan *burned area* dan lahan terbuka, namun memiliki kemampuan yang rendah untuk memisahkan *burned area* dan permukiman. Dengan demikian, parameter suhu kecerahan belum bisa dipergunakan sebagai variabel tunggal untuk ekstraksi *burned area* pada suatu *scene* citra perekaman tunggal.

Kata kunci: *Burned area, Temperatur, Landsat-8 TIRS*

1 PENDAHULUAN

Kebakaran biomassa diakui sebagai satu dari faktor-faktor kritis yang mempengaruhi perubahan tutupan vegetasi dan emisi karbon di seluruh dunia (Chuvieco, 2008; Thonicke *et al.*, 2010). Peristiwa ini juga berdampak pada aspek-aspek sosial-ekonomi, khususnya di negara-negara berkembang dimana pertumbuhan arus urbanisasi yang “menelan” wilayah-wilayah hutan cenderung meningkatkan terjadinya pembukaan hutan yang lebih-lebih apabila bersamaan dengan terjadinya even kebakaran yang ekstrim (Bastarika *et al.*, 2011). Kebakaran hutan dan lahan adalah salah permasalahan bangsa Indonesia yang pada dekade 20 tahun terakhir telah menjadi bencana tahunan. Sejumlah penelitian terkait pengembangan kerawanan kebakaran hutan dan lahan serta dampaknya dapat ditemukan pada sejumlah penelitian (Samsuri *et al.*, 2012; Purnama dan Jaya 2006; Aryanti *et al.*, 2007; Jaya 2000; dan Jaya *et al.*, 2000).

Peristiwa kebakaran biomassa pada suatu daerah akan menyisakan bekas-bekas kebakaran seperti arang, abu, serta singkapan tanah pada daerah tersebut yang dikenal dengan *burned area*. *Burned area* merupakan daerah di

permukaan bumi yang menunjukkan ciri-ciri telah mengalami peristiwa terbakar akibat proses-proses alami atau terbakar oleh manusia baik disengaja atau tidak disengaja dimana pada daerah tersebut sebelumnya merupakan lahan yang didominasi oleh tutupan vegetasi hutan maupun vegetasi non hutan (seperti: semak, belukar, perkebunan, ladang atau tegalan) (Suwarsono *et al.*, 2013). Informasi *burned area* sangat dibutuhkan untuk mengukur tingkat kerusakan kebakaran yang terjadi, untuk menghitung seberapa besar kerugian yang ditimbulkannya, mengetahui dampak kebakaran terhadap lingkungan hidup, penyusunan program pasca kebakaran serta salah satu data masukan untuk pengukuran emisi karbon (IPCC, 2006). Penerapan teknik penginderaan jauh sudah diakui sebagai sumber informasi yang efektif dan berbiaya murah dalam pemetaan *burned area* dari skala nasional, regional, hingga global (Stroppiana *et al.*, 2012). Data citra penginderaan jauh yang sering dipergunakan dalam beberapa tahun terakhir ini adalah *Terra/Aqua Moderate Resolution Imaging Spectrometer* (MODIS), *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)/Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), *Satellite Pour l’Observation de la Terre* (SPOT)

VEGETATION (VGT), dan *Along Track Scanning Radiometer* (ATSR)/*Advanced ATSR* (AATSR). Data satelit dengan orbit geostationer juga sudah dipergunakan untuk deteksi *burned area* seperti *Meteosat Visible* dan *InfraRed Imager* (MVIRI)/*Spinning Enhanced Visible* dan *InfraRed Imager* (SEVIRI) dan *Geostationary Operational Environmental Satellites* (GOES) (Stroppiana et al., 2012). Pada skala lokal dan regional, data Landsat (TM dan ETM+) telah banyak dipergunakan dalam pemetaan *burned area* (Bastarika et al., 2011).

Pada saat ini telah tersedia data Landsat-8 sebagai generasi terbaru dari Landsat. Landsat-8 membawa sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dan sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang dirancang untuk menyempurnakan sensor pada satelit Landsat-7 ETM+ (Irons et al., 2012). Sejauh ini, implementasi deteksi *burned area* berbasiskan data citra penginderaan jauh optis sebagian besar mengandalkan variabel indeks vegetasi, indeks kebakaran, dan nilai pantulan (Suwarsono, 2014). Padahal, kebakaran hutan/lahan sangat terkait dengan termal, karena proses kebakaran akan menghasilkan panas yang dapat direkam oleh sensor termal pada satelit. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa band thermal pada sensor Landsat-8 OLI telah terbukti memberikan informasi tentang suhu permukaan secara efektif (Kurnia et al. 2016). Dengan demikian perlu juga dilakukan suatu kajian penggunaan data hasil perekaman sensor termal untuk deteksi *burned area*.

Penelitian ini berfokus pada kajian pemanfaatan data termal pada sensor termal yang dimiliki oleh Landsat-8 (sensor TIRS) untuk deteksi daerah-daerah bekas terbakar. Sebagai langkah awal dalam memahami arti penting data termal dari sensor TIRS Landsat-8 untuk deteksi *burned area* adalah dengan memahami karakteristik termal dari *burned area* yang terekam pada sensor tersebut.

2 METODOLOGI

2.1 Landsat-8 TIRS

Data yang dipergunakan adalah Landsat-8 TIRS dan OLI level 1T (L1T), kanal 10 dan 11, tanggal perekaman 19 Agustus 2015, path/row 118/062 yang merekam sebagian Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Data diperoleh dari Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN.

Menurut Irons et al. (2012), sensor TIRS merekam data pada dua kanal spektral inframerah termal dengan resolusi 100 meter, lebar sapuan 185 km yang direkam pada ketinggian 705 km. Kedua kanal yang dipilih tersebut untuk mengaktifkan koreksi atmosfer data termal menggunakan algoritma *split-window* (Caselles et al., 1998) dan merepresentasikan keunggulan atas data termal kanal tunggal yang direkam oleh satelit Landsat sebelumnya.

Batas *noise* TIRS ditentukan dalam hal *Noise-Equivalent-Chance-In-Temperature* (NEAT) daripada rasio *signal-to-noise* yang digunakan pada OLI. Ketidakpastian kalibrasi radiometrik ditentukan untuk menjadi kurang dari 2% dalam hal mutlak, pada *aperture* spektral cahaya untuk target antara 260 K dan 330 K (kurang dari 4% untuk target antara 240 K dan 260 K dan target antara 330 K dan 360 K) (Irons et al., 2012). Tabel 2-1 menyajikan karakteristik spektral sensor TIRS, sedangkan Tabel 2-2 menyajikan saturasi radiansi TIRS dan spesifikasi *Noise-Equivalent-Chance-In-Temperature* (NEAT).

Data yang direkam oleh sensor pada satelit Landsat-8 memiliki kemampuan dan peluang dalam aplikasi; 1) kalibrasi dan karakterisasi radiometrik, 2) reflektansi permukaan, 3) albedo permukaan, 4) temperatur permukaan, evapotranspirasi, dan kekeringan, 5) pertanian, 6) penutup lahan (kondisi, gangguan dan perubahannya), 7) perairan air tawar dan pantai, serta 8) es dan salju (Roy, et al., 2014).

Tabel 2-1: KARAKTERISTIK SPEKTRAL SENSOR TIRS (IRON *et al.*, 2012)

Kanal	Center wavelength (µm)	Minimum lower band edge (µm)	Maximum upper band edge (µm)	Spatial resolution (m)
10	10,9	10,6	11,2	100
11	12,0	11,5	12,5	100

Tabel 2-2: SATURASI RADIANSI TIRS DAN SPESIFIKASI *NOISE-EQUIVALENT-CHANGE-IN-TEMPERATURE* (NEAT) (IRON *et al.*, 2012)

Kanal	Saturasi temperature	Saturasi radians	NEAT pada 240 K	NEAT pada 300 K	NEAT pada 360 K
10	360 K	20,5 W/m ² sr µm	0,80 K	0,4 K	0,27 K
11	360 K	17,8 W/m ² sr µm	0,71 K	0,4 K	0,29 K

2.2 Metode

Metode yang dibangun meliputi metode pengolahan data dan analisis data. Metode pengolahan yang dilakukan meliputi; 1) Perhitungan nilai radiansi, 2) Perhitungan nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*), 3) Perhitungan nilai reflektansi (konversi dari *brightness value* menjadi *reflectance*); 4) Pembuatan citra komposit warna (RGB); 5) pengambilan *training sample burned area*; dan 6) Perhitungan statistik nilai piksel *burned area*.

2.2.1 Konversi dari nilai *brightness values* (bv) ke *radiance values*

Data Landsat-8 yang masih berupa nilai DN dapat dikonversi ke dalam *radiance*. Nilai reflektansi disini adalah TOA *radiance*. Untuk mengkonversi menjadi nilai TOA *radiance*, menggunakan persamaan sebagai berikut (USGS, 2015):

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2-1)$$

dimana L_{λ} adalah TOA *spectral radiance* (Watts/(m² * srad * µm)), M_L *Band-specific multiplicative rescaling factor* yang diperoleh dari file metadata (*RADIANCE_MULT_BAND_x*, dimana x adalah nomor kanal), A_L *Band-specific additive rescaling factor* yang diperoleh dari file metadata (*RADIANCE_ADD_BAND_x*, dimana x adalah nomor kanal),

dan Q_{cal} *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN).

2.2.2 Konversi dari nilai *brightness values* ke *reflectance values*

Data OLI dikonversi ke TOA *planetary reflectance* menggunakan faktor skala yang disediakan di dalam file metadata (MTL file). Untuk mengkonversi menjadi nilai TOA *planetary reflectance*, menggunakan persamaan sebagai berikut (USGS, 2015):

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (2-2)$$

Keterangan:

ρ_{λ}' = TOA *planetary reflectance* (tanpa koreksi *solar angle*).

M_{ρ} = *Band-specific multiplicative rescaling factor* diambil dari metadata

(*REFLECTANCE_MULT_BAND_x*,

Keterangan:

x = *band number*),

A_{ρ} = *band-specific additive rescaling factor* diambil dari metadata

(*REFLECTANCE_ADD_BAND_x*,

Keterangan:

x = nomor kanal, dan

Q_{cal} = *quantized and calibrated standard product pixel values* (DN).

Kemudian, *sun angle correction of TOA reflectance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (USGS, 2015):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2-3)$$

Keterangan:

ρ_{λ} = TOA planetary reflectance,

θ_{SE} = local sun elevation angle. Sun elevation angle (dalam derajat) untuk pusat scene tersedia dalam file metadata (*SUN_ELEVATION*). θ_{SZ} adalah local solar zenith angle, $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$.

3 KONVERSI KE SUHU (KECERAHAN BRIGHTNESS TEMPERATURES)

Konversi menjadi nilai *brightness temperature* dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (USGS, 2015):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3-1)$$

dimana T *brightness temperature* pada satelit (K), L_{λ} TOA spectral radiance (Watts/($m^2 * srad * \mu m$)), K_1 Band-specific thermal conversion constant yang diperoleh dari file metadata ($K1_CONSTANT_BAND_x$, dimana x adalah nomor band, 10 or 11), dan K_2 Band-specific thermal conversion constant yang diperoleh dari file metadata ($K2_CONSTANT_BAND_x$, dimana x adalah nomor band, 10 or 11).

Analisis data meliputi analisis statistik tendensi sentral dari nilai-nilai suhu kecerahan dari sampel (perhitungan *mean*, *median*, *modus*, standar deviasi, dan varians), analisis distribusi normal, serta perhitungan jarak (*D-value*).

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4-1 merupakan potongan citra Landsat-8 yang memperlihatkan adanya daerah-daerah terbakar di Pulangpisau Kalimantan Tengah dan

sekitarnya. Gambar atas citra *natural color* RGB 654 (SWIR, NIR, RED) sedangkan gambar bawah merupakan citra suhu kecerahan (*brightness temperature*) Landsat-8 TIRS band 10 atau BT10 (gambar kiri bawah) dan band 11 atau BT11 (gambar kanan bawah). Pada citra *natural color* RGB 654, daerah terbakar memperlihatkan warna merah ungu (*red violet*), lahan terbuka non *burned area* berwarna merah muda, permukiman berwarna merah agak gelap, lahan bervegetasi berwarna kehijauan, serta obyek air berwarna kebiruan. Tanggal perekaman citra adalah 19 Agustus 2015, path/row 118/062 yang merekam sebagian Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Waktu perekaman tersebut masih berada pada periode kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di sebagian besar wilayah Indonesia 2015, khususnya melanda Kalimantan dan Sumatera.

Gambar 3-2 merupakan citra tiga dimensi suhu kecerahan kanal 10 dan 11 yang lebih memperjelas lagi secara visual pola suhu daerah bekas terbakar dan daerah sekitarnya yang memperlihatkan dengan lebih jelas lagi kenampakan daerah bekas terbakar. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa secara visual, secara umum daerah bekas terbakar memiliki suhu kecerahan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya.

Namun jika diamati secara lebih cermat secara lebih secara visual, dapat diketahui bahwa *obyek burned area* memiliki warna yang mirip dengan permukiman dibandingkan dengan lahan terbuka. Sehingga dalam hal ini, dapat diduga bahwa piksel-piksel *burned area* akan memiliki kemiripan nilai dengan piksel-piksel pada obyek permukiman tersebut. Pengukuran secara kuantitatif dilakukan dengan mengambil beberapa sampel yang mewakili piksel *burned area*, permukiman dan lahan terbuka (*non burned area*) kemudian

dilakukan pengukuran secara statistik yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4-1 dapat diketahui bahwa piksel *burned area* memiliki rerata suhu kecerahan *Brightness Temperature* (BT) 10 dan BT 11 berturut-turut sebesar 308,44 K dan 304,39 K (standar deviasi 1,57 K dan 1,18 K), permukiman kota sebesar 307,05 dan 303,65 K (standar deviasi 0,84 K dan 0,69 K). Sedangkan lahan terbuka sebesar 303,61 K dan 300,68 K (standar deviasi 1,97 K dan 1,95 K). Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa obyek *burned area* memiliki suhu kecerahan (baik BT 10 dan BT 11) yang relatif lebih tinggi dibandingkan obyek permukiman kota dan lahan terbuka.

Tabel 4-1: NILAI SUHU KECERAHAN OBYEK *BURNED AREA* DIBANDINGKAN DENGAN OBYEK PERMUKIMAN KOTA DAN LAHAN TERBUKA

OBYEK	SUHU KECERAHAN (K)		
		Band 10	Band 11
<i>BURNED AREA</i>	Rerata	308,44	304,39
	St.Dev	1,57	1,18
PERMUKIMAN KOTA	Rerata	307,05	303,65
	St.Dev	0,84	0,69
LAHAN TERBUKA	Rerata	303,61	300,68
	St.Dev	1,97	1,95

Secara kuantitatif, untuk mengetahui seberapa besar kemampuan data BT 10 dan BT 11 dalam memisahkan

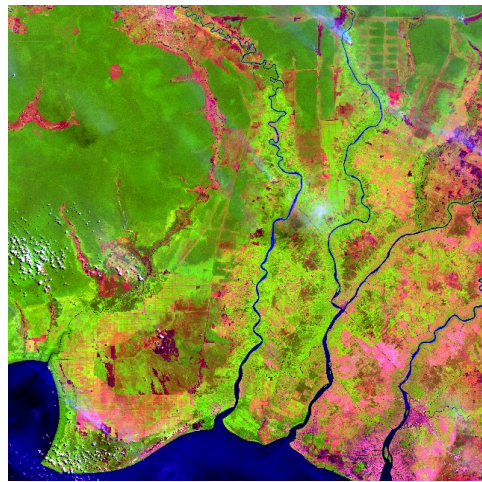
antara *burned area* dan lahan terbuka serta *burned area* dan permukiman kota, maka dilakukan perhitungan nilai separabilitas dengan menggunakan formula sebagai berikut (dikembangkan dari Kaufman and Remer, 1994):

$$D = \frac{|\mu_2 - \mu_1|}{\sigma_2 + \sigma_1} \quad (3-1)$$

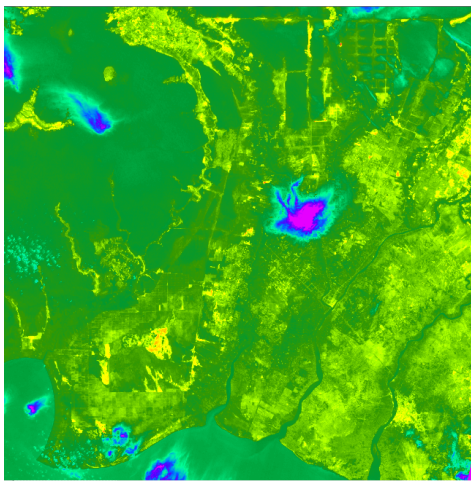
Nilai *D-value* > 1 menunjukkan bahwa kanal tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan kedua obyek. Dimana *D-value* adalah nilai Normalized Distance, μ_1 dan μ_2 berturut-turut adalah nilai rerata piksel obyek 1 dan obyek 2. Sedangkan σ_1 dan σ_2 berturut-turut adalah nilai standar deviasi piksel obyek 1 dan obyek 2. Hasil perhitungan *D-value* disajikan pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2: NILAI D-VALUE ANTARA OBYEK *BURNED AREA* DAN PERMUKIMAN SERTA LAHAN TERBUKA

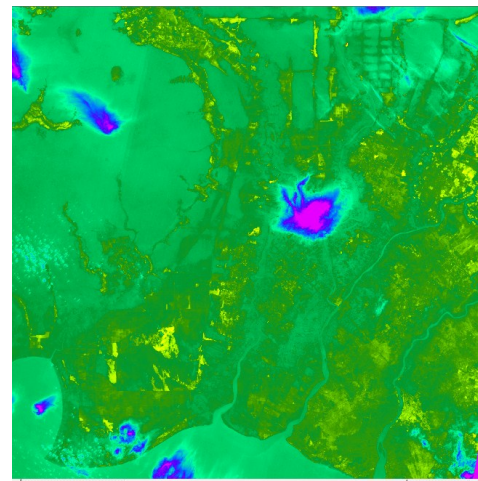
OBYEK	<i>D-value</i>	
	BT10	BT11
<i>Burned area</i> vs Permukiman	0,577	0,392
<i>Burned area</i> vs Lahan terbuka	1,367	1,186



RGB 654



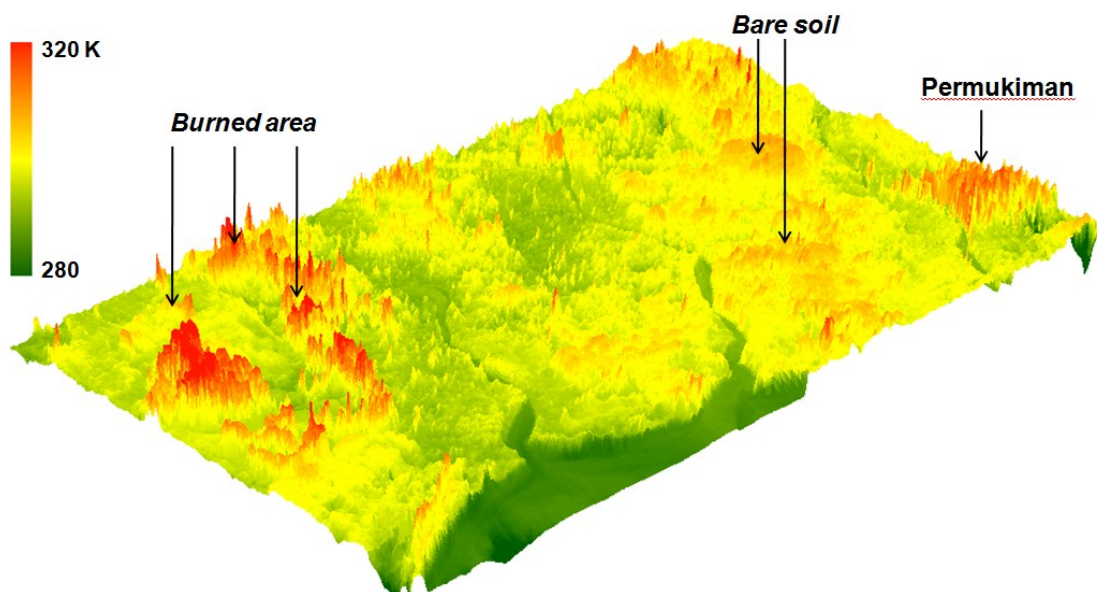
TB 10

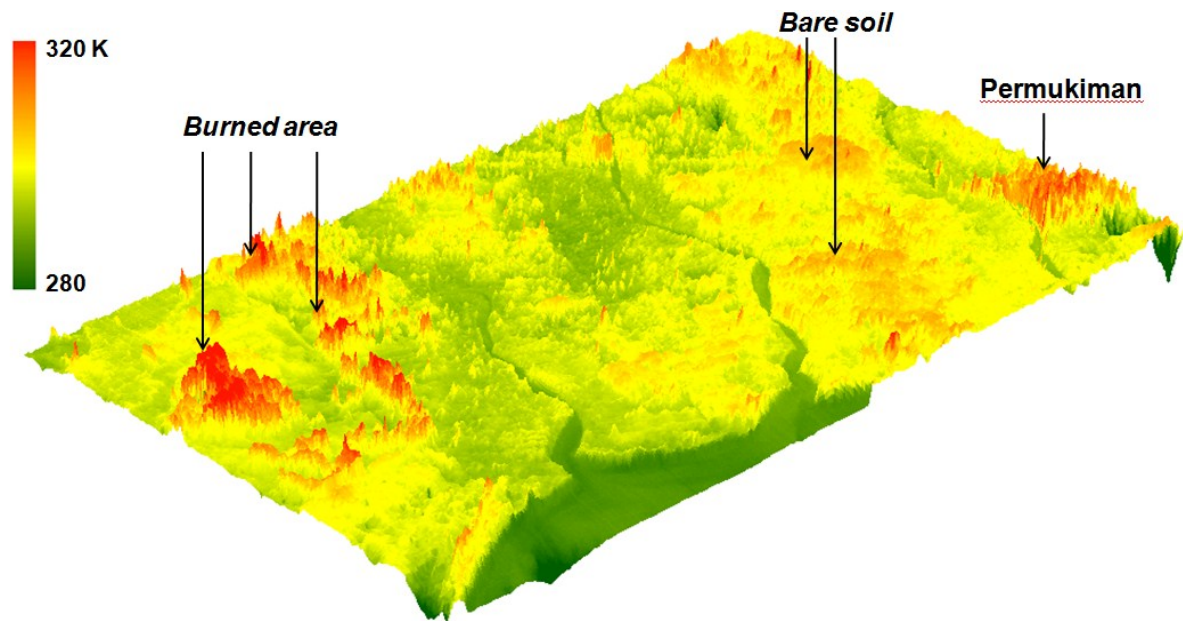


TB 11



Gambar 3-1: Citra suhu kecerahan Landsat-8 kanal 10 (BT 10) dan kanal 11 (BT10) pada wilayah terbakar (Lokasi: Pulangpisau Kalimantan Tengah, path/row 118/062, 19 Agustus 2015)





Gambar 3-2: Citra 3-D suhu kecerahan Landsat-8 kanal 10 (atas) dan kanal 11 (bawah) yang memperlihatkan karakteristik suhu kecerahan daerah *burned area*, *bare soil* (tanah terbuka *non burned area*), dan permukiman. Pada citra terlihat bahwa obyek *burned area* memiliki suhu kecerahan (baik BT 10 dan BT 11) yang relatif lebih tinggi dibandingkan obyek permukiman kota dan lahan terbuka. (Lokasi: Pulangpisau Kalimantan Tengah, path/row 118/062, 19 Agustus 2015)

Hasil perhitungan *D-value* menunjukkan bahwa parameter BT 10 dan BT 11 meskipun memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan *burned area* dan lahan terbuka ($D > 1$), namun memiliki kemampuan yang rendah untuk memisahkan *burned area* dan permukiman ($D < 1$).

Dibandingkan dengan permukiman, lahan terbuka masih bisa dibedakan dari *burned area* menggunakan variabel *brightness temperature*. Kondisi ini menjelaskan bahwa jenis-jenis lahan terbuka yang umumnya berupa hamparan dari singkapan pasir atau batuan, baik yang sudah ditambang atau masih alami, memiliki selisih nilai rerata BT (BT *burned area* - BT lahan terbuka) yang relatif lebih lebar bila dibandingkan dengan permukiman (BT *burned area* - BT permukiman).

Dengan demikian, oleh karena parameter suhu kecerahan masih memiliki kemampuan yang rendah dalam memisahkan *burned area* dan permukiman ($D < 1$), maka parameter ini belum bisa dipergunakan sebagai variabel tunggal untuk ekstraksi *burned area* pada suatu *scene* citra perekaman tunggal dimana di dalamnya terdapat

piksel-piksel permukiman. Berdasarkan hasil kajian ini, maka penelitian lebih lanjut yang perlu dilakukan adalah deteksi *burned area* yang dikaji tidak hanya dengan menggunakan parameter suhu kecerahan saja, tetapi juga perlu digabungkan dengan parameter penting lainnya, baik reflektansi maupun indeks vegetasi (seperti NDVI) atau indeks kebakaran (seperti NBR).

5 KESIMPULAN

Berdasarkan uji separabilitas (*D-value*), variabel BT10 dan BT11 meskipun memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan *burned area* dan lahan terbuka, namun memiliki kemampuan yang rendah untuk memisahkan *burned area* dan permukiman. Jadi, parameter suhu kecerahan belum bisa dipergunakan sebagai variabel tunggal untuk ekstraksi *burned area* pada suatu *scene* citra perekaman tunggal. Penelitian ini menyarankan perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut yang mengkaji pendeteksian *burned area* tidak hanya didasarkan atas parameter suhu kecerahan saja, tetapi digabungkan dengan parameter penting lainnya, baik

reflektansi maupun indeks vegetasi (seperti NVDI) atau indeks kebakaran (seperti NBR).

UCAPAN TERMA KASIH

Makalah ini adalah pengembangan dari hasil kegiatan riset "Pengembangan Model Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana Kekeringan dan Kebakaran Hutan/Lahan" yang dilakukan di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. Makalah ini sebelumnya telah dipresentasikan dalam Simposium Nasional Penginderaan Jauh 2014. Dengan beberapa perbaikan, makalah ini kemudian diajukan untuk dipublikasikan pada Jurnal ini. Terima kasih kami sampaikan kepada pihak Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN yang telah menyediakan data citra Landsat-8 yang dipergunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada Bapak Drs. Taufik Maulana, MBA yang telah bersedia memberikan saran dan masukan dalam pemanfaatan data Landsat-8 untuk deteksi piksel *burned area*.

DAFTAR RUJUKAN

- Aryanti, I, N. Sinukaban dan I N S Jaya, 2007. *Forest Fire Vulnerability index in West Kalimantan Province*, Tropical Forest Management Journal, Bastarrika A, Chuvieco E, Martin, M.P (2011). Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors. Remote Sensing of Environment 115:1003–1012.
- Caselles V, Rubio E, Coll C, Valor E., 1998. *Thermal Band Selection for the PRISM Instrument 3*, Optimal band configuration. Journal of Geophysical Research 103: 17.057–17.067.
- Chuvieco E., Englefield P., Trishchenko A. P, dan Luo Y., 2008. *Generation of Long Time Series of Burn Area Maps of the Boreal Forest from NOAA–AVHRR Composite Data*, Remote Sensing of Environment 112: 2381–2396.
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., and Tanabe, 2006. 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. K. (Eds), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC, Hayama, Japan.
- Irons J.R, Dwyer J.L, Barsi J.A., 2012. *The Next Landsat Satellite: The Landsat Data Continuity Mission*, Remote Sensing of Environment 122: 11-21. Jaya, I N.S., 2000. Detecting Burnt Forest Damage Using Digital Spot Imagery. Tropical Forest Management Journal. Vol. 6 (1): 7-23.
- Jaya, I N. S. M. Ikhwan dan Nurhendra, 2000. *Teknik Mendeteksi Kebakaran Hutan Melalui Citra Satelit Multi Waktu: Studi kasus di Propinsi Sumatera Selatan dan Riau*, Tropical Forest Management Journal. Vol VI(2):25-37.
- Kaufman Y.J, Remer L.A., 1994. *Detection of Forest Fire using Mid-IR Reflectance: and Application Fro Aerosols Study*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 32: 672-683.
- Kurnia, E, I N S Jaya, Widiatmaka, 2016. *Satellite-based Land Surface Temperature Estimation of Bogor Municipality, Indonesia*, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Volume 2 No 1. Pp 221-228
- Purnama, E.S dan I N S Jaya, 2006. *Forest Fire Vulnerability index in Riau Province*, Tropical Forest Management Journal.
- Roy D.P, Wulder M.A, Loveland T.R, Woodcock C.E, Allen R.G, Anderson M.C, Helder D, Irons J.R, Johnson D.M, Kennedy R., Scambos T.A, Schaaf, C.B, Schott J.R, Sheng Y., Vermote E.F, Belward A.S, Bindschadler R., Cohen W.B, Gao F, Hipple J.D, Hostert P, Huntington J, Justice C.O, Kilic A, Kovalsky V, Lee Z.P, Lyburner L, Masek J.G, McCorkel J, Shuai Y, Trezza R, Vogelmann J, Wynne R.H, Zhu Z., 2014. *Landsat-8: Science and Product Vision for Terrestrial Global Change Research*, Remote Sensing of Environment 145: 154-172.
- Samsuri, Jaya INS, Syaufina L., 2012. *Model Spasial Tingkat Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan (Studi Kasus Propinsi Kalimantan Tengah*, Foresta, Vol No (1) 2012. Spatial model of forest and land fire risk (A case study in Central Kalimantan Province, Foresta, Vol No (1) 2012 (in Indonesian). Faperta USU - Persatuan Peneliti Kehutanan Sumut; No.ISSN: 2089-9890; Vol.1; No.1; Maret;2012;12-18, <http://kehutanan.usu.ac.id>
- Stroppiana D, Bordogna G, Carrara P, Boschetti M, Bosschetti L, Brivio P.A.,

2012. *A Method for Extracting Burned Areas from Landsat TM/ETM+ Images by Soft Aggregation of Multiple Spectral Indices and a Region Growing Algorithm*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 69:88–102.
- Suwarsono, 2014. *Deteksi Daerah Bekas Kebakaran Hutan/Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra Penginderaan Jauh*, Crestpent Press.
- Suwarsono, Rokhmatuloh, dan Waryono T., 2013. *Pengembangan Model Identifikasi Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra MODIS di Kalimantan*, Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital 10(2): 93-112.
- Thonicke K, Spessa A, Prentice I. C, Harrison S. P, Dong L, Carmona-Moreno C., 2010. *The Influence of Vegetation, Fire Spread and Fire Behaviour on Biomass Burning and Trace Gas Emissions: Results from a Process-Based Model*, Biogeosciences (7): 697 –743.
- USGS, 2015. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 1.0*. EROS Sioux Falls, South Dakota.

ANALISIS TEMPERATUR DAN UAP AIR BERBASIS SATELIT TERRA/AQUA (MODIS, LEVEL-2) (ANALYSIS OF TEMPERATURE AND WATER VAPOR BASED ON THE TERRA/AQUA SATELLITE (MODIS, LEVEL-2))

Sinta Berliana Sipayung, Krismianto, dan Risyanto

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. Dr. Djundjunaan 133 Bandung 40173 Indonesia
e-mail: s_berlianasipayung@yahoo.com

Diterima 3 Mei 2016; Direvisi 10 Mei 2016; Disetujui 16 Juni 2016

ABSTRACT

Terra and Aqua satellites that consist of multiple sensors including MODIS instruments, which is operated to detect the phenomena that exist on land, sea and atmosphere. Not a lot of data extracted especially for Indonesia region the associated with atmospheric data, because the product is still in the raw data (level-0). For data extraction of level-0 to level-2 needed software IMAPP (International MODIS/airs Processing Package) so displays some data atmospheric parameters including MOD 04 - Aerosol, MOD 05 - Total precipitable Water (Water Vapor), MOD 06 - Cloud, MOD 07 - Atmospheric Profiles, MOD 08 - gridded Atmospheric and MOD 35 in HDF4 format (Hierarchical Data Format-4) swath. This paper discussed only MOD07/MYD07 atmospheric profiles level-2 related parameters such as the temperature of the atmosphere at an altitude of 780 hPa and water vapor at a height of 700 hPa. This study aimed to analyze the phenomena in the atmosphere, based on extraction method Atmospheric Profiles in the resolution 1km, that consists of temperature and moisture level-2, in the format hdf4 daily swath into data daily and monthly grid in .dat format, in the period of December 2014, January, July, and August 2015, especially in the area of Indonesia. The comparison between the results of the extraction swath and grid data from Terra/Aqua MODIS, that parameter atmospheric for the temperature has R-square an average of 0.72 and water vapor 0.74, while the RMSE temperature and water vapor are 0.88 and 0.29.

Keywords: *Temperature, Water vapor, MODIS, and MOD07/MYD07*

ABSTRAK

Satelit Terra dan Aqua yang terdiri dari beberapa sensor diantaranya instrumen MODIS, yang dioperasikan untuk mendeteksi fenomena yang ada di darat, laut, dan atmosfer. Belum banyak data yang diekstrak khususnya untuk wilayah Indonesia yang terkait dengan data atmosfer, karena produk MODIS masih berupa data mentah (level-0). Untuk ekstraksi data dari level-0 menjadi level-2 dibutuhkan software *International MODIS/AIRS Processing Package* (IMAPP) sehingga menampilkan beberapa data parameter atmosfer diantaranya MOD 04 - *Aerosol*, MOD 05 - *Total Precipitable Water* (Water Vapor), MOD 06 - *Cloud*, MOD 07 - *Atmospheric Profiles*, MOD 08 - *Gridded Atmospheric* dan MOD 35 *swath* dalam format *Hierarchical Data Format-4* (HDF4). Pada makalah ini yang dibahas hanya MOD07/MYD07 *atmospheric profiles* level-2 yang berkaitan dengan parameter atmosfer seperti temperatur pada ketinggian 780 hPa dan uap air pada ketinggian 700 hPa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil ekstraksi data *Atmospheric Profiles* dari format **HDF4** *swath* harian menjadi data *grided* harian, bulanan dalam format **.dat** serta aplikasinya pada periode bulan Desember 2014, Januari, Juli, dan Agustus 2015, khususnya wilayah Indonesia dalam resolusi 1km yang terdiri dari temperatur dan uap air level-2. Perbandingan antara hasil ekstraksi data MODIS *swath* dan data MODIS *grided* Terra/Aqua untuk parameter temperatur atmosfer mempunyai R-square rata-rata 0.72 dan uap air 0.74, sedangkan RMSE untuk temperatur dan uap air sebesar 0.88 dan 0.29.

Kata kunci: *Temperatur, Uap air, MODIS dan MOD07/MYD07*

1 PENDAHULUAN

Satelit Terra/Aqua yang diluncurkan 18 Desember 1999 (Terra) dan 4 Mei 2002 (Aqua) merupakan misi *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) terdiri dari beberapa instrumen seperti *MODerate-resolution Imaging Spectroradiomete* (MODIS) yang dapat mengobservasi fenomena-fenomena di darat, laut, dan atmosfer. Telah banyak algoritma yang dikembangkan *Space Science and Engineering Center* (SSEC) di *University of Wisconsin-Madison* untuk menurunkan profil vertikal atmosfer termasuk MOD07, seperti temperatur atmosfer, kelembapan, ozon, *precipitable water vapor*, dan beberapa indeks stabilitas atmosfer menggunakan panjang gelombang infra merah antara 4,465 dan 14,235 μm termasuk diantaranya band 25, 27 hingga 36 (Asrar and Dokken, 1993).

Satelit Terra/Aqua merupakan satelit meteorologi dengan orbit polar dengan resolusi mencapai 0.25 - 1km menghasilkan cakupan global setiap 1-2 kali dalam satu hari dengan pola sapuan $\pm 55^\circ$ pada ketinggian orbit 705 km dpl dan lebar sapuan 2330 km (NASA, 2013). Satelit Terra mengorbit Bumi dari Utara ke Selatan dan melintasi Equator di pagi hari, sebaliknya satelit Aqua bergerak dari Selatan ke Utara dan

melintasi equator di siang/sore hari. Di satelit ini terdapat sensor MODIS yang terdiri dari 36 band dan resolusi spasial dari 250 m (bands 1 – 2), 500 m (bands 3 - 7) dan 1000 m (bands 8 - 36). Produk data yang dihasilkan oleh IMAPP dari MODIS adalah data kalibrasi yang terdapat pada MOD 01 - *Level-1A Radiance Counts*, MOD 02, *Level-1B Calibrated Geolocated Radiances* dan MOD 03 - *Geolocation Data Set*. Sedangkan data atmosfernya adalah MOD 04 - *Aerosol*, MOD 05 - *Total Precipitable Water (Water Vapor)*, MOD 06 - *Cloud*, MOD 07 - *Atmospheric Profiles*, MOD 08 - *Gridded Atmospheric* dan MOD 35 - *Cloud Mask*, diperoleh dari LAPAN Pare-Pare dan Rumpin, hasil transfer melalui jaringan *Fiber Optic* (FO). Tabel 1-1 adalah spesifikasi dan alokasi spektral MODIS.

Tabel 1-1: Spesifikasi MODIS (NASA, 2013)

Orbit	705 km, 10:30, menuju selatan (Terra) atau 13:30 menuju Utara (Aqua), <i>sun-synchronous, near-polar, circular</i>
Scan rate	20.3 rpm, cross track
Lebar <i>swath</i>	2330 km, dengan 10 km (<i>along track at nadir</i>)
Teleskop	Diameter 17.78 cm <i>off-axis</i>
Ukuran	1.0 x 1.6 x 1.0 m

Berat	228.7 kg
Power	162.5 W
Laju transfer	10.6 Mbps (maksimal per hari); 6.1 Mbps (rata-rata per orbit) data
Kuantitas	12 bits, untuk 36 kanal spektral dengan panjang gelombang 0.4 μm sampai 14.4 μm
Resolusi	250 m (bands 1-2)
Spasial	500 m (bands 3-7) 1000 m (bands 8-36)
Desain umur	5 tahun

Dengan terbatasnya data satelit, maka diperlukan pengolahan/ekstraksi data MODIS untuk kebutuhan penelitian terkait tentang fenomena-fenomena di darat, laut, dan atmosfer maka dilakukan ekstraksi data *Atmospheric Profiles* (Temperatur dan uap air) dari format *HDF4 swath* harian menjadi data *gridded* harian hingga bulanan resolusi 1 km serta aplikasinya. Batasan data berupa resolusi temporal global namun pada kegiatan ini resolusi 1 km wilayah Indonesia dengan lintang maksimum 10 derajat, minimum 10 derajat dan bujur maksimum 139 derajat minimum 95 derajat. Hasil dari data MODIS *swath* dengan *grided* diverifikasi/validasi dalam peningkatan kualitas data MODIS *atmospheric profiles* yang nantinya akan disimpan di data base atmosfer Indonesia yang dikelola oleh Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (PSTA).

Makalah ini merupakan kelanjutan atau penyempurnaan dari makalah yang penulis lakukan di tahun 2014 dan 2015 (Sipayung, dkk, 2014 dan 2015) dengan tingkat kebaruan penggunaan data yang semula level-1 menjadi ke level-2. Selain itu, validasi yang dibandingkan dengan data curah hujan, baik saat musim basah dan kering (kemarau). Atas dasar itulah, maka tujuan utama dari makalah ini untuk menganalisis hasil ekstraksi data *Atmospheric Profiles* dari format **HDF4 swath** harian menjadi data *grided*

harian, bulanan dalam format **.dat** serta aplikasinya.

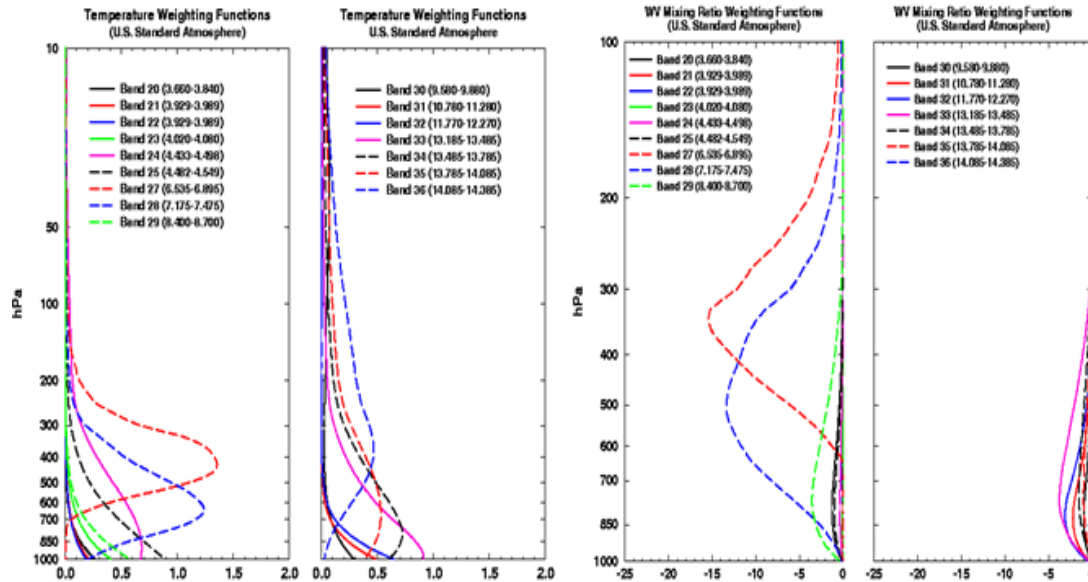
2 STUDI PUSTAKA

Temperatur dan uap air merupakan parameter iklim dalam bidang ilmu meteorologi yang sering diukur, karena kegunaannya dalam proses interaksi antara atmosfer, laut, dan daratan yang selalu berubah-ubah berdasarkan ruang dan waktu. Pemahaman yang berkaitan dengan profil temperatur vertikal daerah tropis atas dan bawah sangat sulit untuk dipahami, baik secara spasial maupun temporal. Sementara banyak aspek klimatologi dari tropopause yang cukup baik untuk dipahami (Randel dan Jensen, 2013). Secara alami temperatur dan uap air merupakan lapisan hangat dan sejuk, karena mendapat radiasi sinar matahari pada siang maupun malam. Lapisan teratas sampai terbawah terjadi pemanasan dan penguapan. Sebelum perkembangan teknologi satelit, sangat sulit untuk mengamati perubahan temperatur dan uap air suatu daerah yang luas secara berkelanjutan (*continue*). Dengan adanya satelit Terra/Aqua dan satelit lain dengan sensor infra merah, memungkinkan pengukuran profil vertikal atmosfer baik dari periode jam-jam-an, harian, maupun bulanan dapat diperoleh dalam data resolusi global (Michael *et. al.*, 2003).

Penelitian tentang ekstraksi data satelit Terra/Aqua telah banyak menguraikan algoritma tentang penurunan profil atmosfer dari sensor MODIS MOD07 (Seemann *et. al.*, 2002, 2003 dan Kim *et. al.*, 2004), seperti temperatur atmosfer dan kelembaban kemudian dibandingkan dengan data radiosonde diperoleh koefisien korelasi masing-masing 0.99 dan 0.89. Begitu juga dengan menggunakan uji-statistik dan hasilnya sangat signifikan untuk satu kali pengukuran di beberapa lokasi telah ditunjukkan (Majid and Reza, 2011) dan pada beberapa pengukuran untuk melihat profil di

setiap musim telah dilakukan *Free* (2011). Hal yang sama dilakukan (WU *et al.*, 2005) ternyata pada ketinggian 850 hPa kofisien korelasi sangat signifikan dengan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang sangat kecil. Dengan konsep yang sama menggunakan profil dari NCEP dan MOD07 menunjukkan hasil yang baik dengan akurasi sedikit lebih tinggi (Li *et al.*, 2000).

Pada Gambar 2-1, terdapat standar profil atmosfer berdasarkan masing-masing band, namun hanya untuk temperatur dan uap air pada 19 ketinggian mulai dari permukaan 1000 hingga 10 hPa. MODIS yang digunakan adalah MOD 07/MYD07 (*Atmosphere Profiles*), yang terdiri dari



Gambar 2-1: Sensifitas profil temperatur dan uap air yang di proses dari level satu (L-1). (Sumber, Seemann *et al.*, 2006)

19 level ketinggian: 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 620, 700, 780, 850, 920, 950, 1000 mb (Menzel *et al.*, 2002). Dengan menggunakan band-band infra merah sensitifitas profil temperatur dan uap air untuk 19 level berdasarkan algoritma terdapat pada persamaan 2-1 (Seemann *et al.*, 2006).

$$R_{\nu} = \epsilon_{\nu s} B_{\nu s}(T_s) \tau_{\nu s}(p_s) - \int_{0}^{p_s} B_{\nu}(T(p)) d\tau_{\nu}(p) + r_{\nu s} \tau_{\nu}(p_s) \int_{0}^{p_s} B_{\nu}(T(p)) d\tau_{\nu}^*(p) + R_{\nu}^{sun} \tau_{\nu}^{1+sec\theta}(p_s) r_{\nu s}^{sun} \quad (2-1)$$

Keterangan:

- R = radiance,
- ν = wavenumber,
- s = surface,
- p = pressure,
- sun = solar,
- T = temperature,

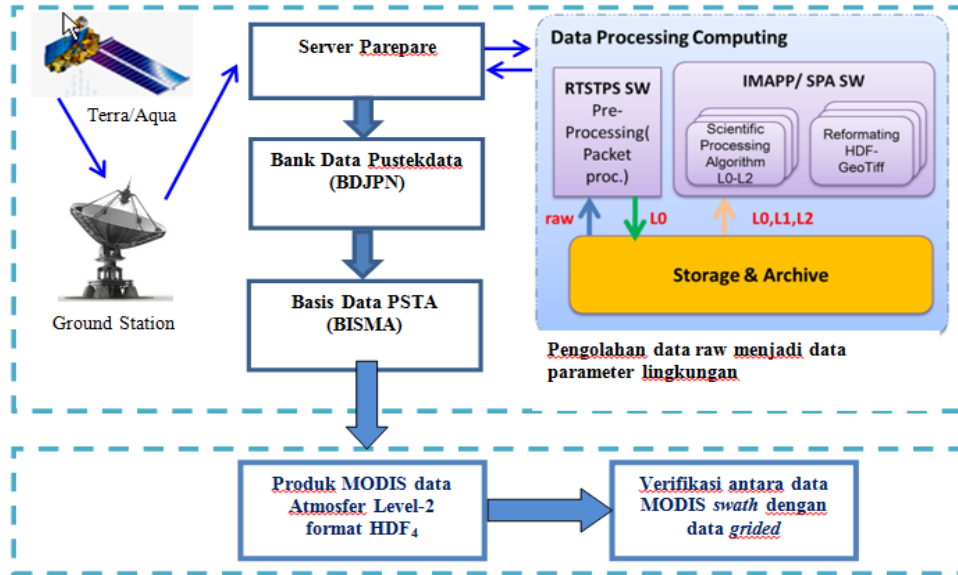
- B = Planck function,
- ϵ = emissivity,
- r = reflectivity,
- τ = level to space transmittance,
- θ = local solar zenith angle
- τ^* = level to surface transmittance, [$\tau^* = \tau_{\nu}(p_s) / \tau_{\nu}(p)$]

3 DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan TERRA/AQUA (MODIS, Level-2) *atmospheric profiles* MOD07/MYD07 dengan parameter temperatur dan uap air dalam format *HDF4 swath* harian untuk periode Desember 2014 dan Januari 2015 yang mewakili bulan basah, sedangkan Juli dan Agustus 2015 mewakili bulan kering (kemarau). Akuisisi data MODIS dari satelit Terra maupun Aqua telah dilakukan oleh Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, melalui stasiun bumi Pare-Pare sejak 2010.

Sistem Basis Data Penginderaan Jauh Nasional (BDJPN) juga telah dibangun, dimana salah satunya memuat koleksi data MODIS mulai dari level-1 hingga level-2 dan *true color*. Distribusi dan akses data MODIS bersifat gratis (*free*). Pengguna dapat mengakses data MODIS hasil akuisisi LAPAN melalui situs <http://modis-catalog.lapan.go.id>.

Khusus untuk aplikasi atmosfer, Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer (PSTA) juga mengoleksi data untuk memenuhi kebutuhan penelitian dan pengembangan yang berbasis data *real-time*. Koleksi data MODIS yang dikelola PSTA dapat diakses melalui Sistem



Gambar 3-1: Diagram distribusidan pengolahan data MODIS di LAPAN dari data harian *swath* menjadi data *grided*

Basis Data Atmosfer Indonesia) di situs <http://bisma.sains.lapan.go.id>.

Metode yang digunakan adalah ekstraksi data *HDF4 swath* harian dengan program *Python*, dalam proses ekstraksi data *HDF4 swath* harian masih format **HDF** menjadi data *grided* harian dan bulanan level tiga (L-2) dengan format **.dat** sehingga data tersebut mudah diaplikasikan oleh pengguna terutama pada penelitian yang berkaitan dengan atmosfer. Perangkat yang digunakan untuk ekstraksi data *Atmospheric Profiles* adalah program *Python* beserta modul-modul *library*-nya (*Geospatial Data Abstraction Library, Matplotlib, Basemap, Numpy, Dateutil, Pyproj, Pyparsing* dan *Six* berbasis Windows (XP/7/Vista/8), Alur kegiatan terdapat seperti pada Gambar 3-1.

Data MODIS *swath* akan diverifikasi dengan data MODIS *grided* untuk Juli dan Agustus 2015. Penelitian

sebelumnya telah dilakukan verifikasi data MODIS dalam *swath HDF4* dengan menggunakan data observasi radiosonde dari situs *University of Wyoming* lokasi Jakarta, Surabaya, Pontianak, Padang, dan Makasar, pada periode data Januari 2013 – Maret 2014 dengan koefisien korelasi (*r*), yakni 0.99 (Risyanto dkk., 2013) dan menggunakan metode *Artificial Neural Network (ANN)* telah di ekstrak data MODIS level-1 *swath* menjadi level-2 *swath* (Sipayung dkk., 2014, Blackwell et al., 2005 dan Moradzadeh et al., 2014).

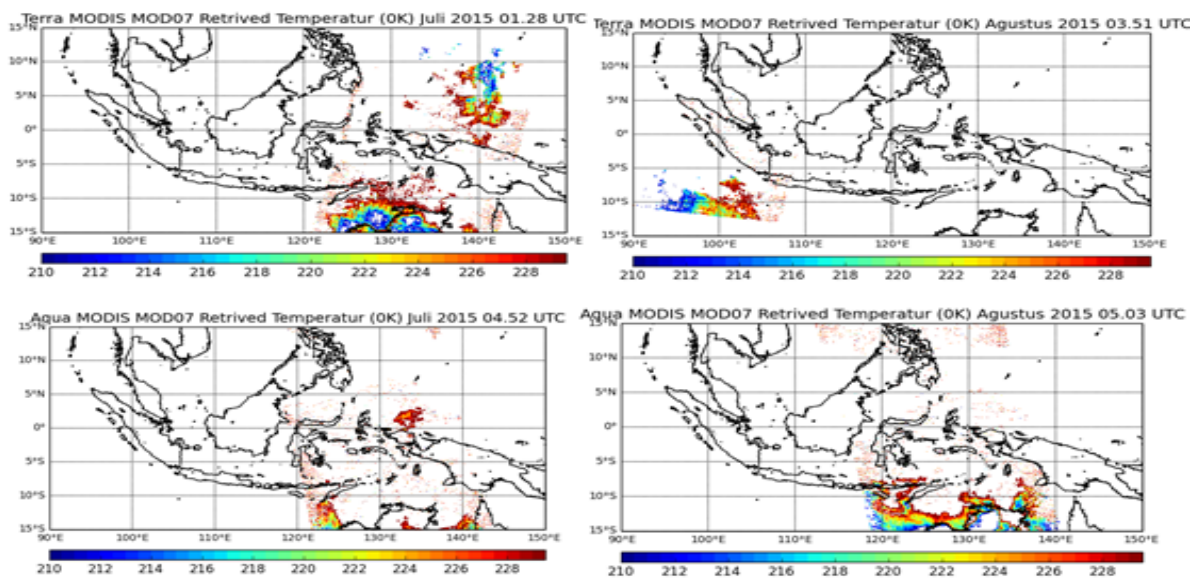
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hingga saat ini pemanfaatan data satelit Terra/Aqua untuk wilayah Indonesia masih terbatas khususnya terkait dengan informasi parameter atmosfer, dikarenakan resolusi temporalnya masih relatif rendah dibandingkan dengan satelit yang lain. Seperti pada

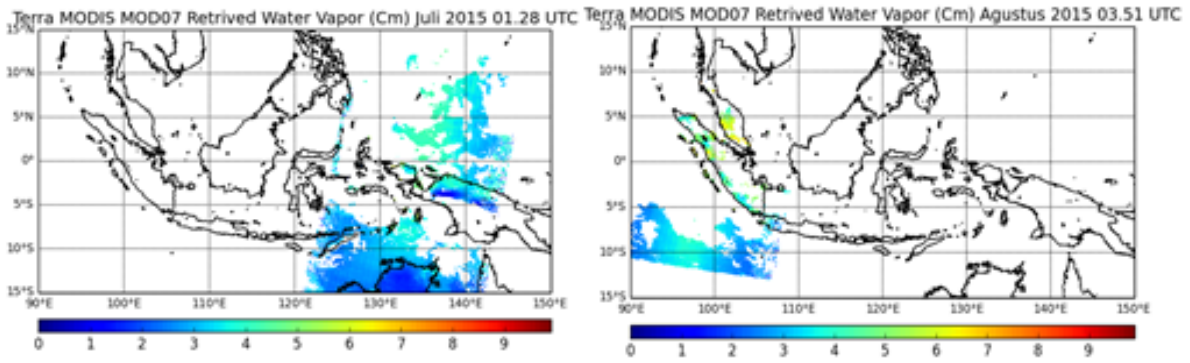
Gambar 4-1 untuk parameter temperatur ($^{\circ}\text{K}$) dan uap air (cm) yang diperoleh dari satelit Terra/Aqua dengan instrumen MODIS, berdasarkan *swath* untuk Juli dan Agustus 2015 di ketinggian temperatur 780 hPa dan uap air ketinggian 700 hPa hasil ekstraksi dari Terra MODIS MOD07. Pada Gambar 4-1 menunjukkan bahwa satelit Terra maupun Aqua hanya melewati 1-2 kali dalam satu hari, sehingga sangat sulit untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan fenomena-fenomena yang ada di atmosfer karena hanya satu kali berorbit polar. Telah dikembangkan Fitur sistem pengolah data Terra/Aqua MOD07 profil vertikal atmosfer dalam format gambar, txt, ASCII, dan diproyeksikan disimpan dalam bentuk tabulator 3 kolom dalam bentuk ASCII kemudian di *plot* ke dalam gambar dua dimensi dan txt sehingga *output* datanya adalah data siap pakai dengan file Ascii *.txt dan file binary format *.bin beserta file ctl-nya (Sipayung, dkk., 2015). Bila diperhatikan pada Gambar 4-1 yaitu satelit Terra/Aqua Juli dan Agustus untuk parameter

temperatur menunjukkan bentuk data dalam sapuan (*swath*) dari utara ke selatan ataupun sebaliknya dari selatan ke utara.

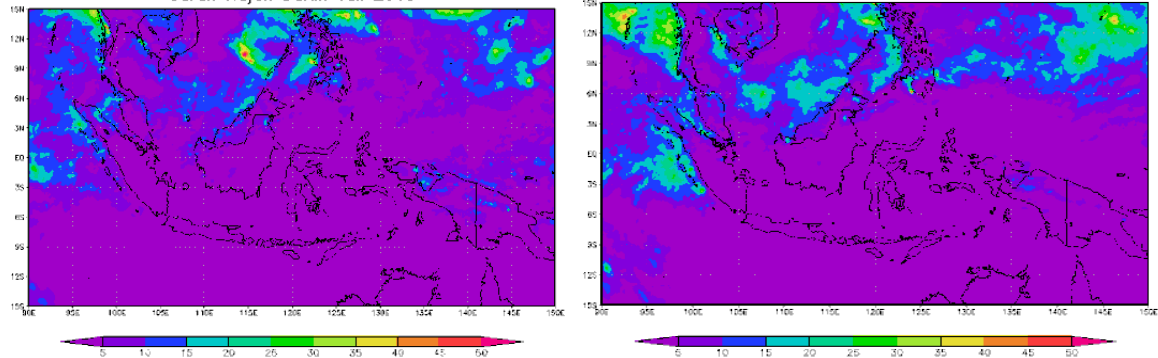
Hal yang sama terdapat pada Gambar 4-2 untuk parameter uap air terdapat sapuan (*swath*) yang berbeda arah antara terra dan aqua pada Juli dan Agustus 2015, namun dengan keterbatasan orbit satelit Terra/Aqua dalam harian masih sangat sulit untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan fenomena-fenomena atmosfer yang ada di wilayah Indonesia. Pada saat yang bersamaan sebagai data pembandingan dapat dilihat kondisi curah hujan di Indonesia di tanggal yang sama pada Gambar 4-2 dan Gambar 4-3, bahwa pola uap air pada Agustus 2015 dapat diidentifikasi pada pola curah hujan Agustus 2015. Produk dari MODIS tidak hanya mengkaji fenomena di atmosfer akan tetapi mengkaji fenomena di darat yaitu untuk mengetahui iklim kering. (Zhou *et. al.*, 2014).



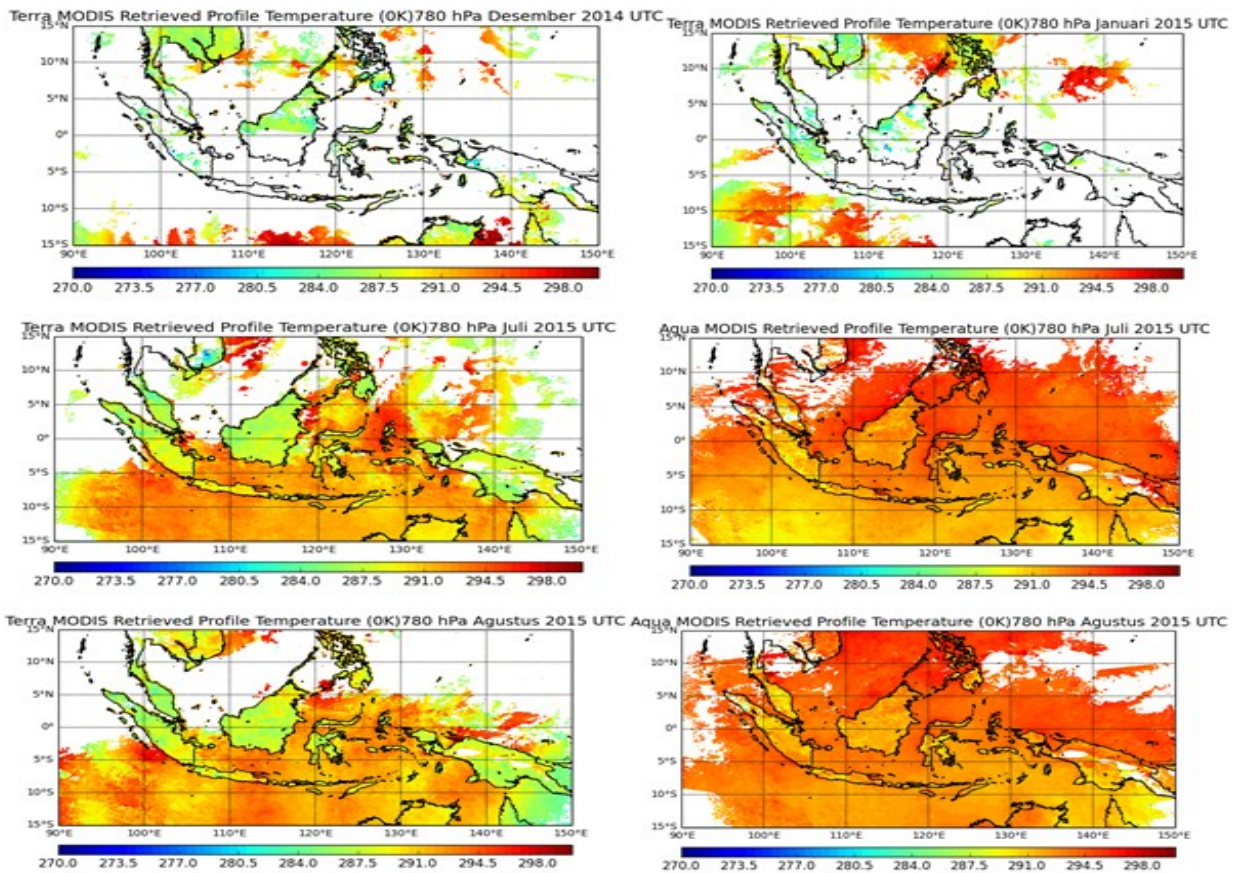
Gambar 4-1: Temperatur berupa *swath* Terra/Aqua bulan Juli dan Agustus 2015



Gambar 4-2: Uap air berupa swath Terra bulan Juli dan Agustus 2015



Gambar 4-3: Pola curah hujan bulan Juli dan Agustus 2015

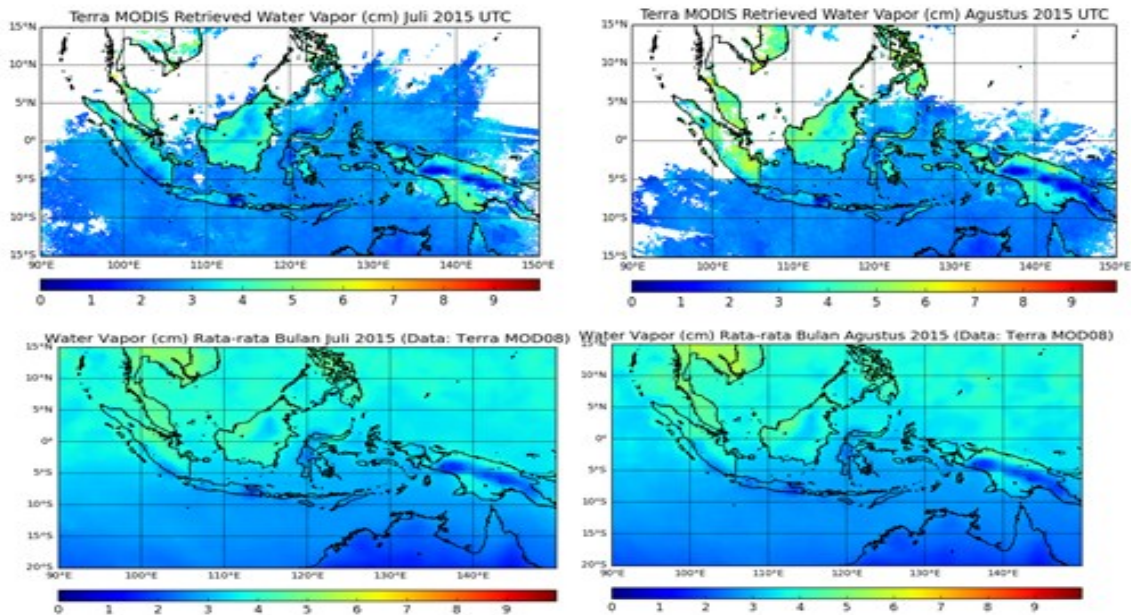


Gambar 4-4: Temperatur Terra/Aqua MODIS grided Desember 2014, Januari, Juli dan Agustus 2015

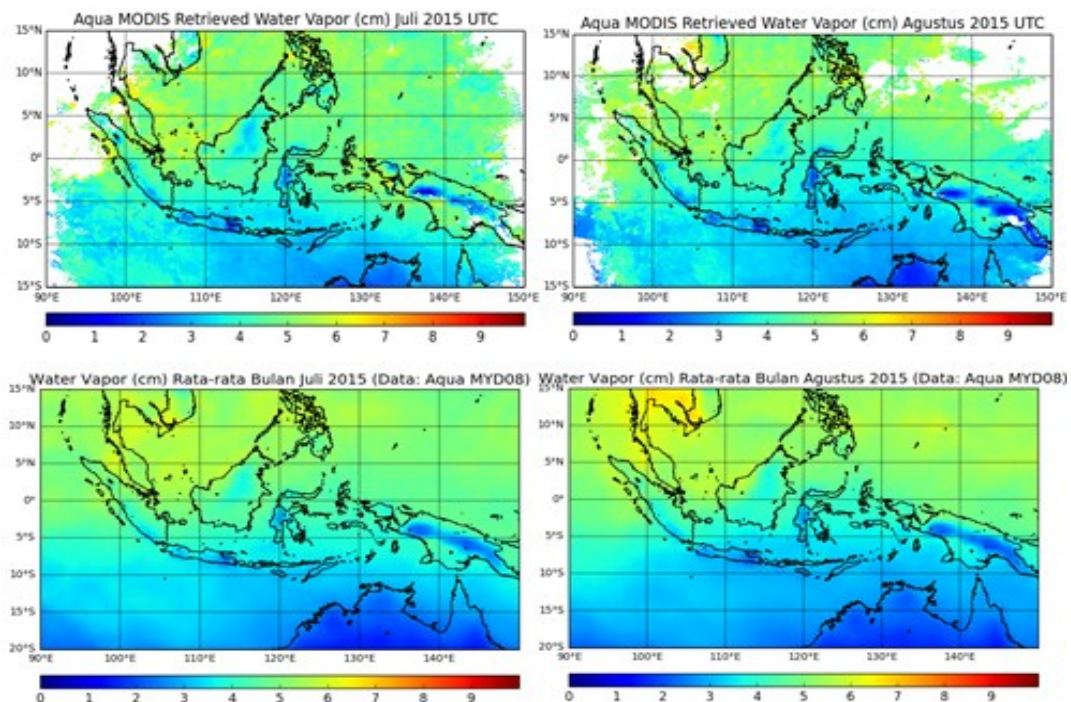
Hal yang sama terdapat pada ekstraksi data dari *swath* harian menjadi *grided* harian untuk Juli dan Agustus 2015. Yang perlu diperhatikan adalah bagaimana ekstraksi data satelit Terra/Aqua (MODIS) temperatur dan uap air pada Juli dan Agustus 2015 dari data *swath* harian menjadi data *grided* bulanan seperti pada Gambar 4-4.

Dari gambar tersebut memang masih sulit diperoleh informasi yang

berkaitan dengan fenomena-fenomena yang ada di atmosfer khususnya pada Desember 2014. Terkait dengan itu diperlukan pengambilan satu titik lokasi observasi berdasarkan koordinat lintang dan bujur dan dilakukan validasinya sesuai dengan data pengukuran dari Radiosonde berdasarkan profil vertikal atmosfer dengan ketinggian yang sama dan waktu yang bersamaan.



Gambar 4-5: Perbandingan uap air satelit Terra MODIS *grided* Juli dan Agustus 2015 dengan uap air MOD08 level-3 yang diambil dari <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>

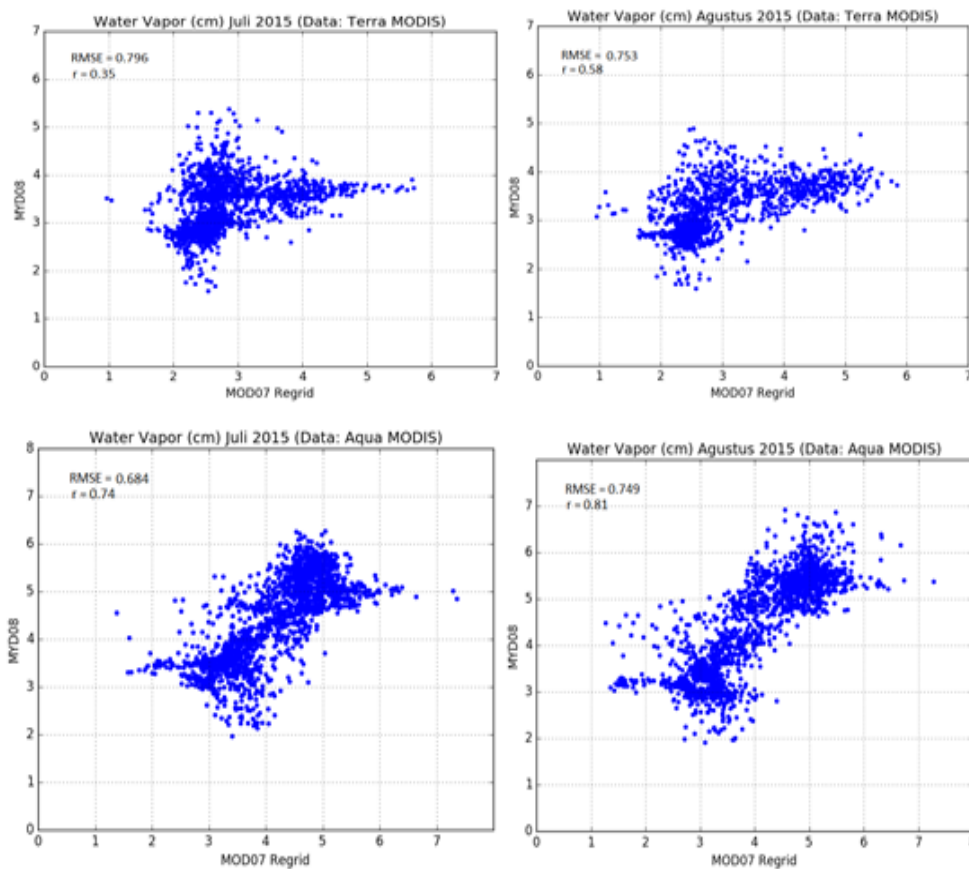


Gambar 4-6: Perbandingan uap air satelit Aqua MODIS *grided* bulan Juli dan Agustus 2015 dengan uap air MOD08 level-3, yang diambil dari <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>

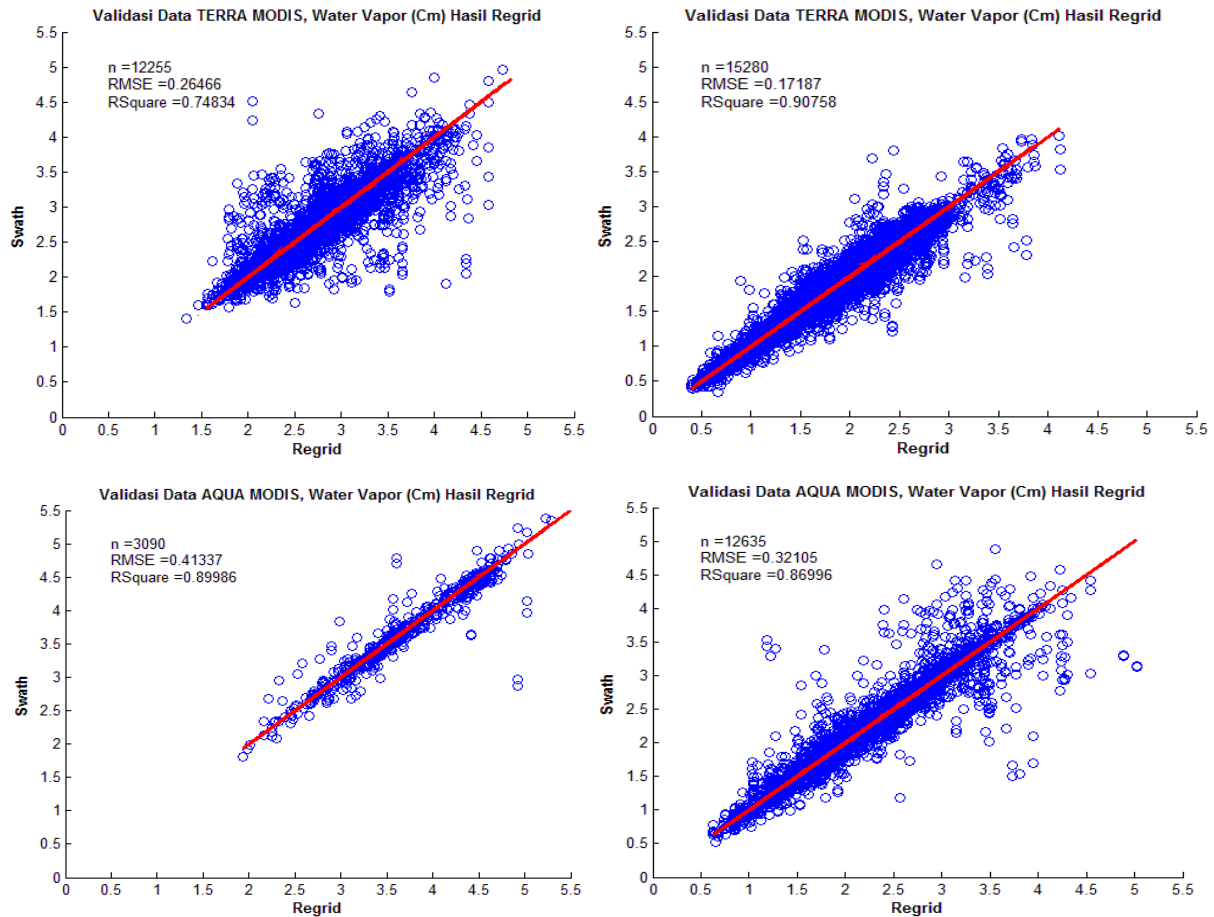
Pada Gambar 4-5 dan 4-6 terdapat perbandingan antara uap air dari satelit Terra MODIS *grided* hasil turunan dari MODIS Level-2 dengan uap air MOD08 level-3 yang diunduh di <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/> bulan Juli dan Agustus 2015, dimana data MODIS diolah menjadi berbagai tingkat pengolahan dari Level-1 (radiasi dan kecerahan suhu) serta geolokasi telah di koreksi menggunakan *Software Real-time Software Telemetry Processing System (RT-STPS)* dan *International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP)*. *Data raw level nol (L-0)* hingga data *Environmental Data Record (EDR) level dua (L-2)* menjadi parameter lingkungan, sedangkan Level-3 keseragaman pemetaan dalam *regrid* (Michael, et al., 2003).

Pada Gambar 4-7 terdapat validasi antara Terra MODIS uap air MOD07 *grided* level-2 dengan uap air MOD08 level-3 Juli dan Agustus 2015. Dari perbandingan tersebut terdapat

RMSE pada Juli-Agustus masing-masing 0.79 dan 0.75 sedangkan $r = 0.35$ dan 0.58. Berbeda dengan Aqua MODIS terdapat perbandingan RMSE pada Juli-Agustus masing-masing 0.68 dan 0.74 sedangkan $r = 0.7$ dan 0.8. Untuk menganalisis data yang sudah diekstrak tergantung pada waktu data satelit Terra/Aqua MOD07/MYD07, karena mengikuti waktu Indonesia adalah WIB terutama pada Juli dan Agustus 2015, sedangkan data yang diolah menggunakan UTC/GMT sehingga perlu menambahkan 7 jam waktu wilayah Indonesia. Dalam Gambar 4-8 dapat dilihat bahwa nilai korelasi tertinggi antara data *swath* dengan data *grided* temperatur terjadi pada Juli 2015 yaitu satelit Aqua MODIS yaitu sebesar 0,71, bila dibandingkan dengan Agustus 2015, seperti yang dilakukan (Li et al., 2013) menggunakan profil NCEP dan MOD07 menunjukkan korelasi yang baik RMSE) dari 1.16 dan 1.21.



Gambar 4-7: Validasi Terra/Aqua MODIS uap air *grided* level-2 dengan uap air MOD08 pada bulan Juli dan Agustus 2015



Gambar 4-8: Validasi Terra dan Aqua MODIS water vapor swath dan *grided* pada bulan Juli dan Agustus 2015 di Indonesia

5 KESIMPULAN

Dalam sistem pengolahan data satelit Terra/Aqua yang diunduh dari Basis Data Atmosfer Indonesia (BISMA) *swath* dalam format HDF4 level dua (L-2) menjadi data ASCII, telah dapat diaplikasikan. Untuk meningkatkan ekstraksi data dari hasil metode digunakan validasi antara data *swath* dan *grided* di beberapa titik wilayah Indonesia, dari Terra/Aqua untuk temperatur dengan nilai koefisien korelasi rata-rata $r=0.72$ dan $RMSE=0.74$. Sedangkan Terra/Aqua untuk *water vapor* nilai koefisien korelasi rata-rata $r=0.86$ dan $RMSE=0.29$, bahwa penyimpangan terjadi rata-rata di bawah satu derajat kelvin dan 1 sentimeter. Sedangkan validasi antara Terra MODIS uap air MOD07 *grided* level-2 dengan uap air MOD08 level-3 dari <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/> pada Juli dan Agustus 2015 yang sama $RMSE$

0.79 dan 0.75 sedangkan $r=0.35$ dan 0.58. Hasil yang telah diperoleh belum mencakup Indonesia seluruhnya karena hanya satu kali sapuan (*swath*) yaitu orbit utara – selatan di sore hari (satelit Aqua). Parameter atmosfer yang lain telah tersedia di BISMA, namun belum semua tervalidasi karena ketersediaan data pengukuran in-situ sangatlah terbatas. Masih diperlukan data tambahan yaitu data observasi radiosonde sebagai data pembanding untuk mendapatkan informasi atmosfer wilayah khususnya wilayah Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Kepala Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer yang telah memfasilitasi data satelit Terra/Aqua, sehingga data tersebut dapat di unduh dari BISMA LAPAN Bandung yang terhubung secara *near real-time* dengan

stasiun bumi penerima data satelit penginderaan jauh Pare Pare.

DAFTAR RUJUKAN

- Asrar, G., and Dokken, D. J., 1993. *EOS Reference Handbook* (Greenbelt; MD: NASA).
- Blackwell, W. J., 2005. *A Neural-Network Technique for the Retrieval of Atmospheric Temperature and Moisture Profiles from High Spectral Resolution Sounding Data*, IEEE Trans, Geosci. Remote Sens., Vol. 43, No. 11, 2535-2546.
- Free Melissa, 2011. *The Seasonal Structure of Temperature Trends in the Tropical Lower Stratosphere*, Journal Of Climate. VOL, 24, 859-866.
- Kim Y. S, B. H. Kwon and K. M. Hong, 2004. *Vertical Temperature and Moisture Structure In Lower Atmosphere Retrived From Terra/Modis*, Gayana 68 (2) supl. T.I. Proceeding. Vol.68 No.2: 319-323,. ISSN 0717-652X.
- Li Hua, Qinhuo Liu, Yongming Du, Jinxiong Jiang, and Heshun Wang, 2013. *Evaluation of the NCEP and MODIS Atmospheric Products for Single Channel Land Surface Temperature Retrieval with Ground Measurements: A Case Study of HJ-1B IRS Data*, IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, VOL. 6, NO. 3.
- Li J, Wolf W, Menzel WP, Zhang W, Huang HL, Achtor TH., 2000. *Global Soundings of the Atmosphere from ATOVS Measurements: the Algorithm and Validation*, Journal of Applied Meteorology 39: 1248-1268.
- Majid Rahimzadegan and M. Reza Mobasheri, 2011. *An Attempt for Improving MODIS Atmospheric Temperature Profiles Products in Clear Sky*, Meteorol. Appl. 18: 181-187. Published online 16 August 2010 in Wiley Online Library.
- Menzel, W. P., Seemann, S.W., Li, J., Gumley, L.E., 2002. *MODIS Atmospheric Profile Retrieval Algorithm Theoretical Basis Document*, Available through NASA MODIS Web site http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/reference_atbd.html.
- Michael D. King, Member, IEEE, W. Paul Menzel, Yoram J. Kaufman, Didier Tanré, Bo-Cai Gao, Steven Platnick, Steven A. Ackerman, Lorraine A. Remer, Robert Pincus, and Paul A. Hubanks, 2003. *Cloud and Aerosol Properties, Precipitable Water, and Profiles of Temperature and Water Vapor from MODIS*, IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 41, No. 2, 442.
- Moradzadeh, M., Momeni, M. & Saradjian, M.R., 2014. *Estimation and Validation of Atmospheric Water Vapor Content using a MODIS NIR Band Ratio Technique Based on AIRS Water Vapor Products*, Arab J Geosci (2014) Vol. 7: 1891-1897. doi:10.1007/s12517-013-0828-2.
- NASA, Diakses pada 3 September, 2013. *Moderate-resolution Imaging Spectro Radiometer (MODIS)*, <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>.
- Randel, W.J., and E.J. Jensen, 2013. *Physical Processes in the Tropical Tropopause Layer and their Role in a Changing Climate*, Nature Geoscience, 6, 169-176.
- Risyanto, S. B. Sipayung, dan E. Maryadi, 2013. *Analisis Profil Suhu Vertikal Di Beberapa Lokasi Berbasis Satelit*, Prosiding Seminar Sains Atmosfer. Bandung, 28 Agustus 2013. ISBN: 978-979-1458-73-3.
- Seemann, S. W., J. Li, L. E. Gumley, K. I. Strabala, and W. P. Menzel, 2002. *One Year of Global Atmospheric Total Column Precipitable Water Vapor Retrievals from MODIS Infrared Radiances*, Remote Sensing of the Earth's Environment from Terra - Lectures at the International Summer School on Atmospheric and Oceanic Sciences (ISSAOS 2002) from 25 - 30 August 2002 in L'Aquila, Italy. A Springer publication.
- Seemann, S. W., Jun Li, W. Paul Menzel and Liam E. Gumley, 2003. *Operational Retrieval of Atmospheric Temperature, Moisture, and Ozone from MODIS Infrared Radiances*, Journal of Applied Meteorology: VOL. 42. Page 1072-1092.
- Seemann, S. W., Eva E. Borbas., Jun Li., W. Paul Menzel, Liam E. Gumley, 2006. *MODIS Atmospheric Profile Retrieval, Algorithm Theoretical Basis Document*.
- Sipayung, S. B., Risyanto, dan E. Maryadi, 2014. *Aplikasi Artificial Neural Network (ANN) untuk Estimasi Profil Vertikal Temperatur dan Kelembapan dari Data MODIS*, Prosiding Nasional, Simposium Fisika Nasional (SFN XXVII), Bali, "Fisika Dalam Kehidupan Sehari-hari". Universitas Udayana, Bali-Indonesia, 16-17 Oktober, 2014. ISSN: 1411-4771.
- Sipayung, S. B., Risyanto, dan E. Maryadi, 2015. *Pengembangan Metode Pengolahan*

- Data Profil Vertikal Atmosfer Berbasis Satelit*, (Publikasi BUKU Ilmiah LAPAN Tahun 2015 CV. Media Akselerasi). ISBN : 978-979-1458-94-8).
- WU Xuebao, LI Jun, ZHANG Wenjian, and WANG Fang, 2005. *Atmospheric Profile Retrieval with AIRS Data and Validation at the ARM CART Site*, *Advances In Atmospheric Sciences*, VOL. 22, NO. 5, 647–654.
- Zhou Ji, Xu Zhang, Wenfeng Zhan and Huailan Zhang, 2014. *Land Surface Temperature Retrieval from MODIS Data by Integrating Regression Models and the Genetic Algorithm in an Arid Region*, *Remote Sens.* 2014, 6, 5344-5367; doi:10.3390/rs6065344.www.mdpi.com/journal/remotesensing.
- <http://modis-catalog.lapan.go.id>.
- <http://bisma.sains.lapan.go.id>.
- <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>

**PERBANDINGAN HASIL KLASIFIKASI LIMBAH LUMPUR ASAM
DENGAN METODE SPECTRAL ANGLE MAPPER DAN SPECTRAL
MIXTURE ANALYSIS BERDASARKAN CITRA LANDSAT - 8
(THE COMPARISON OF CLASSIFICATION OF ACID SLUDGE WITH
SPECTRAL ANGLE MAPPER AND SPECTRAL MIXTURE ANALYSIS
METHOD BASED ON LANDSAT-8)**

Sayidah Sulma¹, Junita Monika Pasaribu, Hana Listi Fitriana, dan Nanik Suryo Haryani²

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Kalisari Lapan No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710, Indonesia

¹e-mail: sayidah.sulma@lapan.go.id

²e-mail: naniksuryo@yahoo.com

Diterima 14 April 2015; Direvisi 23 Juni 2015; Disetujui 30 Juni 2015

ABSTRACT

The utilization of remote sensing data is an alternative way that could be used for rapid detection of large coverage hazardous waste area. This study aims to classify the acid sludge contaminated area using Landsat 8 by applying Spectral Angle Mapper (SAM) classification method with two spectral reference sources, namely field spectral measurement using a spectrometer and endmember spectral from the image, and then compare the classification results. The accuracy level of SAM classification result showed that classification using endmember spectral from the image as the reference spectral reached 66,7%, whereas classification using field spectral measurement as spectral reference only reached 33,3%. The accuracy level of Spectral Mixture Analysis (SMA) classification result showed that classification using endmember spectral from the image as the reference spectral reached 62,5%. The affecting factors for the low accuracy is the significant differences of the spectral profiles obtained from spectrometer with spectral Landsat-8 due to differences of spatial and altitude

Keywords: Acid sludge Waste, Spectral Angle Mapper, Spectral Mixture Analysis, Landsat-8

ABSTRAK

Pemanfaatan data penginderaan jauh merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk deteksi daerah tercemar limbah B3 secara cepat dengan wilayah yang luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi daerah tercemar lumpur asam menggunakan data Landsat 8 dengan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM), kemudian membandingkan hasil klasifikasi SAM menggunakan spektral referensi berdasarkan pengukuran spektrometer dengan spektral yang diperoleh dari *endmember* citra. Tingkat akurasi klasifikasi SAM dengan spektral referensi berdasarkan *endmember* citra adalah sebesar 66,7 %, sedangkan dengan menggunakan referensi spektrometer hanya mencapai 33,3 %. Tingkat akurasi klasifikasi *Spectral Mixture Analysis* (SMA) dengan spektral referensi berdasarkan *endmember* citra adalah sebesar 62,5 %. Faktor yang mempengaruhi rendahnya akurasi adalah perbedaan yang signifikan antara profil spektral yang diperoleh dari spektrometer dengan spektral Landsat-8 akibat perbedaan spasial dan ketinggian.

Kata Kunci: *Limbah lumpur asam, Spectral Angle Mapper, Spectral Mixture Analysis, Landsat-8*

1 PENDAHULUAN

Terjadinya kontaminasi limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) di suatu daerah akan menyebabkan terancamnya kualitas lingkungan dan kelangsungan makhluk hidup di daerah yang terkontaminasi maupun lingkungan sekitarnya. Berdasarkan hal tersebut diperlukan deteksi dan pemantauan daerah tercemar secara cepat untuk mengurangi dampak yang akan ditimbulkannya. Deteksi dan pemantauan menggunakan pengecekan laboratorium membutuhkan biaya yang cukup besar, sehingga pemanfaatan data penginderaan jauh merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk deteksi daerah tercemar limbah B3 secara cepat dengan wilayah yang luas.

Pada penelitian ini akan dibahas limbah lumpur asam yang pencemarannya cukup sulit untuk dipulihkan, sehingga diperlukan pemantauan pencemaran lumpur asam ini secara terus menerus. Salah satu lokasi yang terkontaminasi oleh jenis pencemar ini adalah di kawasan *Pertamina Refinery Unit V* Balikpapan, yaitu limbah yang mencemari wilayah ini sejak puluhan tahun lalu yang berasal dari pembuangan limbah pabrik lilin sebagai sisa akhir dari produksi minyak bumi (Pertamina, 2011; Pertamina, 2012). Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk deteksi daerah tercemar limbah lumpur asam ini telah dilakukan beberapa penelitian,

diantaranya Haryani (2013) melakukan kajian untuk deteksi kontaminasi limbah berdasarkan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) menggunakan Landsat 7 ETM, sedangkan Sulma (2014) melakukan kajian deteksi daerah tercemar di lokasi dan obyek yang sama berdasarkan suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature* (LST), serta Haryani dkk., (2015) melakukan penelitian deteksi daerah tercemar limbah lumpur asam menggunakan metode *Spectral Mixture Analysis* (SMA) berbasis data landsat-8. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa data penginderaan jauh memiliki potensi untuk mendeteksi daerah tercemar limbah B3 khususnya lumpur asam.

Pada penelitian lainnya juga dilakukan oleh Haryani dkk., (2015) telah melakukan kajian dan pengumpulan data lapangan berupa pengukuran spektral menggunakan spektrometer pada obyek-obyek di dalam dan di luar daerah tercemar limbah lumpur asam. Pola spektral yang diperoleh di lapangan dapat dijadikan acuan dalam klasifikasi dan analisis citra untuk membedakan daerah tercemar dan tidak tercemar. Klasifikasi citra menggunakan spektrum referensi ini dapat dilakukan dengan metode *Spectral Angle Mapper* (SAM) yaitu metode yang memungkinkan pemetaan cepat kesamaan spektral pada spektrum citra dengan spektrum referensi yaitu dengan menghitung

sudut antara kedua spektrum tersebut (Kruse dkk.,1993). Metode SAM memiliki beberapa keunggulan yaitu (1) tidak dipengaruhi oleh faktor pencahayaan matahari, karena sudut antara vektor tidak tergantung pada panjang vektor, (2) metode mudah dan cepat untuk pemetaan kesamaan spektrum citra dengan spektrum referensi dan (3) tidak memerlukan asumsi pada distribusi statistik data masukan dalam melakukan klasifikasi (Petropoulos dkk., 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi daerah tercemar lumpur asam menggunakan data Landsat 8 dengan metode SAM, kemudian membandingkan hasil klasifikasi SAM berdasarkan spektrum hasil pengukuran spektrometer dengan spektrum yang diperoleh dari *endmember* citra sebagai spektrum referensi.

2 DATA DAN METODE

2.1 Data dan Lokasi

Lokasi penelitian adalah di kawasan Pertamina *Refinery Unit V* dan sekitarnya, Balikpapan, Kalimantan Timur. Data yang digunakan adalah data Landsat-8 sensor OLI *path row* 116/061 tanggal perekaman 23 Februari 2014. Gambar 2-1 adalah citra RGB 653 Landsat-8 di lokasi penelitian.

2.2 Metode

2.2.1 Pengolahan awal data

Pengolahan awal data penginderaan jauh meliputi koreksi geometrik dan radiometrik. Koreksi geometrik bertujuan untuk memperbaiki kesalahan geometrik citra yang bersumber dari pengaruh topografi dan geometri sensor satelit dengan memasukkan titik kontrol tanah dan menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM). Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengkonversi nilai digital menjadi nilai reflektansi yang bertujuan untuk mengurangi kesalahan nilai piksel akibat sudut matahari dan jarak

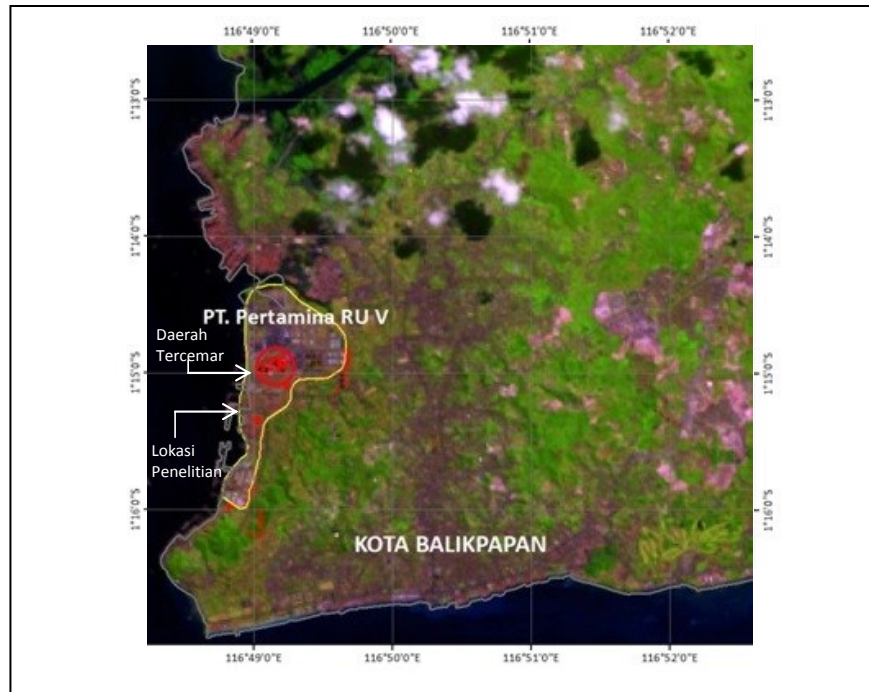
matahari bumi pada data yang berlainan waktu (Mumby and Clark, 2000). Hasil pengolahan awal ini telah tersedia dalam produk standar Landsat 8 dengan format 16, yaitu dikonversi menjadi nilai radiansi dan reflektansi *Top of Atmosphere* (ToA) menggunakan koefisien *rescaling* radiometrik yang tersedia dalam file metadata atau file MTL (USGS, 2014).

Dari produk data standar yang telah dikoreksi, kemudian dilakukan konversi nilai reflektansi dari tipe data 16 menjadi tipe 4 untuk mengembalikan nilai asli reflektansi dengan satuan mikrometer. Selanjutnya dilakukan pemisahan awan dengan menumpang-susunkan kanal hasil klasifikasi awan yang telah tersedia dalam produk standar dengan semua kanal pada data OLI dan TIRS.

2.2.2 Pengumpulan data spektral

Pada penelitian ini referensi spektral untuk klasifikasi citra diperoleh dari *endmember* yang diekstraksi dari citra itu sendiri dan dibandingkan dengan spektral pengukuran di lapangan menggunakan spektrometer.

Data spektral diperoleh dari pengukuran reflektansi di lapangan menggunakan spektrometer tipe HR 400 OCG. Panjang gelombang spektrometer yang digunakan terdiri dari gelombang *visible* dan *Near Infrared* (NIR) dengan kisaran panjang gelombang 200 nm sampai 1050 nm. Pengukuran spektral dilakukan pada obyek-obyek tercemar dan tidak tercemar dengan pengulangan 10 kali setiap pengukuran pada setiap obyek pada saat kondisi cerah pukul 10.00 – 15.00 WITA. Dengan *field of view* sensor sebesar 25°, dan ketinggian pengukuran 1 – 1,5 m maka luas obyek yang terukur sekitar 50 x 50 cm. Obyek yang diukur terdiri dari vegetasi dan pasir di daerah tercemar dan tidak tercemar serta obyek *sludge* (lumpur padat).



Gambar 2-1: Lokasi penelitian di Balikpapan, Kalimantan Timur yang ditumpang-susun dengan citra RGB 653 Landsat-8 pada 23 Februari 2014

2.2.3 Analisis spektral

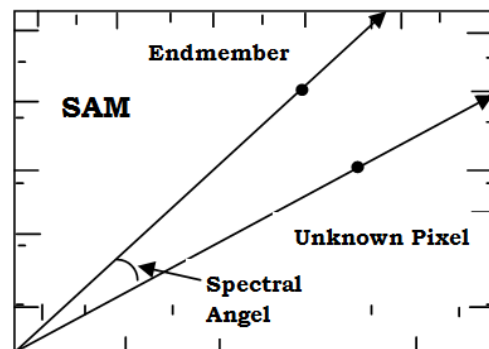
Analisis spektral untuk penentuan daerah tercemar dan tidak tercemar dilakukan menggunakan metode SAM. SAM adalah suatu alat yang memungkinkan pemetaan cepat kesamaan spektral pada spektrum citra dengan spektrum referensi. Algoritma SAM menentukan kesamaan spektral antara dua spektrum dengan menghitung sudut (*angle*) antara dua spektrum, memperlakukannya sebagai vektor dalam ruang dengan dimensi yang sama dengan jumlah kanal (Kruse dkk, 1993). Algoritma SAM dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{t} \cdot \vec{r}}{\|\vec{t}\| \|\vec{r}\|} \right) \quad (2-1)$$

α juga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{1/2}} \right) \quad (2-2)$$

Dalam persamaan ini, α adalah besar sudut, t adalah spektral, r adalah spektral referensi dan nb adalah jumlah kanal. *Spectral angle* dapat digambarkan seperti pada Gambar 2-2 semakin kecil sudut spektral menunjukkan kemiripan antara obyek dan referensi.



Gambar 2-2. Sudut *Spectral Angel Mapper* (SAM)

Spektrum referensi yang digunakan adalah berdasarkan hasil pengukuran spektrometer dan berdasarkan *endmember* citra, kemudian akan dibandingkan hasil antara kedua sumber referensi spektral tersebut.

Perhitungan akurasi dilakukan terhadap citra hasil klasifikasi daerah tercemar dan tidak tercemar berdasarkan analisis SAM dengan acuan hasil survei

lapangan. Perhitungan akurasi dihitung berdasarkan *confusion matrix* yaitu matrix berukuran $n \times n$ yang berisi informasi tentang klasifikasi aktual dan klasifikasi prediksi yang diperoleh dari suatu sistem klasifikasi, dimana n adalah jumlah kelas yang berbeda (Visa dkk., 2011).

Analisis spektral menggunakan metode SMA merupakan suatu alat analisis yaitu beberapa citra dikalibrasi menjadi reflektan dan piksel-piksel yang dimodelkan sebagai potensi pencampuran dari spektral lapangan atau laboratorium. Tahap-tahap yang dilakukan sebagai berikut: tahap pertama adalah pemilihan *endmember* citra, selanjutnya diperoleh referensi *endmember* setelah semua spektral kanal dikalibrasi menjadi reflektansi. Penggunaan metode SMA ini dapat memberikan solusi adanya piksel campuran, yaitu satu piksel terdapat lebih dari satu obyek. Kondisi limbah lumpur asam di daerah penelitian bahwa terjadinya pencampuran obyek dalam satu piksel disebabkan oleh sifat dari limbah *acid sludge* yang muncul di permukaan tanah yang bersifat tidak merata, meleleh, dan selanjutnya mengeras berwarna hitam seperti aspal. Sehingga kondisi di lapangan dalam ukuran satu piksel (30 m x 30 m) dapat terdiri atas beberapa obyek yaitu berupa *sludge*, pasir, lahan terbuka, dan vegetasi rumput.

Endmember adalah nilai spektra yang mewakili material di permukaan bumi (Adams & Gillespie, 2006). Pembuatan *endmember* menggunakan metode SMA menggunakan teknik *Principal Component Analysis* (PCA), dimana pertama membuat tampilan baru PCA *band* dari citra yang dihasilkan *scatter plot* kemudian dapat dipilih *endmember* yang dapat mewakili atau potensial *endmember* yang dipilih. *Scatter plot* yang dipilih sebagai kandidat *endmember* terletak di simpul atau ujung dari *scatter* tersebut (Jonson dkk., 1985). *Endmember* yang digunakan untuk masukan dalam klasifikasi SMA adalah

vegetasi, pasir *sludge*, dan lahan terbuka. Pada metode SMA hasil ekstraksi spektral *endmember* dari citra berdasarkan analisis PCA, yaitu *endmember* diperoleh dari ekstraksi PCA band 2 dan PCA band 3, PCA band 2 dan PCA band 4, dan PCA band 4 dan PCA band 5. Analisis rata-rata terhadap masing-masing spektral *endmember* digunakan untuk spektral referensi dalam proses klasifikasi berdasarkan metode SMA.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Spektral Obyek Dari Spektrometer

Pengukuran reflektansi terhadap obyek di daerah tercemar dan tidak tercemar menggunakan spektrometer (pengukuran di lapangan) dengan panjang gelombang *visible* dan NIR. Obyek yang diukur adalah yang mewakili obyek yang ada di daerah tercemar dibandingkan dengan obyek di luar daerah tercemar (tidak tercemar), yaitu vegetasi (rumput dan alang-alang), pasir putih dan pasir coklat serta obyek lumpur/*sludge*. Mengacu dari penelitian oleh Haryani dkk., (2015), mengenai karakteristik spektral pada daerah tercemar limbah B3, hasil pengukuran reflektansi dari spektrometer untuk lima jenis obyek di daerah tercemar dan tidak tercemar, dapat digambarkan dengan grafik profil spektral obyek.

Pada profil spektral obyek vegetasi terdapat perbedaan yang signifikan antara obyek vegetasi di daerah tercemar dengan obyek daerah tidak tercemar. Pada obyek pasir baik pasir putih maupun pasir kecoklatan menunjukkan reflektansi di daerah tercemar lebih tinggi dibandingkan daerah tidak tercemar dengan pola cenderung meningkat dari panjang gelombang biru hingga NIR. Sedangkan obyek *sludge* atau limbah lumpur menunjukkan pola datar dan meningkat dengan tajam pada panjang gelombang NIR. Profil spektral Obyek Tercemar dan Tidak Tercemar dari Spektrometer dapat ditunjukkan pada Gambar 3-1.

Nilai rata-rata spektral masing-masing obyek selanjutnya dijadikan spektral referensi untuk klasifikasi SAM. Namun sebelum diaplikasikan dalam proses klasifikasi, dilakukan proses resampling data hasil spektrometer untuk menyamakan jumlah kanal dengan kanal pada citra Landsat 8. Resolusi spektral spektrometer yang digunakan terdiri dari kanal *visible* dan *Near Infrared* (NIR) yaitu panjang gelombang 0.2 – 1.05 μm , sehingga data Landsat 8 yang digunakan hanya terbatas pada Kanal 1 hingga Kanal 5 dengan panjang gelombang Kanal 1: 0.43 – 0.45 μm (*coastal aerosol*), Kanal 2: 0.45-0.51 μm (biru), Kanal 3: 0.53-0.59 μm (hijau), Kanal 4: 0.64-0.67 μm (merah) dan Kanal 5: 0.85-0.88 μm (NIR). Hasil resampling diplotkan pada *center wavelength* masing-masing kanal, yaitu kanal 1: 0.44 μm , kanal 2: 0.48 μm , kanal 3: 0.56 μm , kanal 4: 0.655 μm dan kanal 5: 0.865 μm .

Citra Landsat yang digunakan dalam penelitian ini belum melalui proses koreksi atmosferik. Tahap awal untuk mengaplikasikan data spektrometer ke citra Landsat adalah melakukan perbandingan nilai spektral pada piksel citra dengan rata-rata spektral dari spektrometer di lokasi yang sama, kemudian dilakukan normalisasi nilai spektral. Hal ini dilakukan untuk mengurangi adanya perbedaan kondisi atmosfer pada saat pengukuran spektrometer di lapangan dengan kondisi pada saat perekaman citra Landsat.

3.2 Spektral dari *Endmember* Citra

Selain berdasarkan pengukuran spektrometer, spektral asli juga diperoleh dari *endmember* citra yaitu dari ekstraksi antara citra *Principal Component Analysis* (PCA) kanal 2 - kanal 3, PCA kanal 2 - kanal 4 dan PCA kanal 4 - kanal 5. Pada penelitian ini *endmember* citra mengacu dari penelitian Haryani dkk (2015), mengenai profil spektral obyek tercemar dan tidak tercemar dari *endmember* citra landsat.

Endmember yang diperoleh dari citra terdiri dari *endmember* vegetasi dan lahan terbuka di daerah tidak tercemar, serta pasir dan *sludge* di daerah tercemar. Pada daerah tercemar tidak diperoleh *endmember* vegetasi karena lokasi obyek vegetasi di daerah tercemar yang terlalu sempit sehingga kurang mewakili dari luas piksel citra landsat. Pola spektral untuk masing-masing *endmember* pada kanal 1 – kanal 7 dari data Landsat 8 dengan mengacu dari penelitian yang dilakukan oleh Haryani dkk (2015).

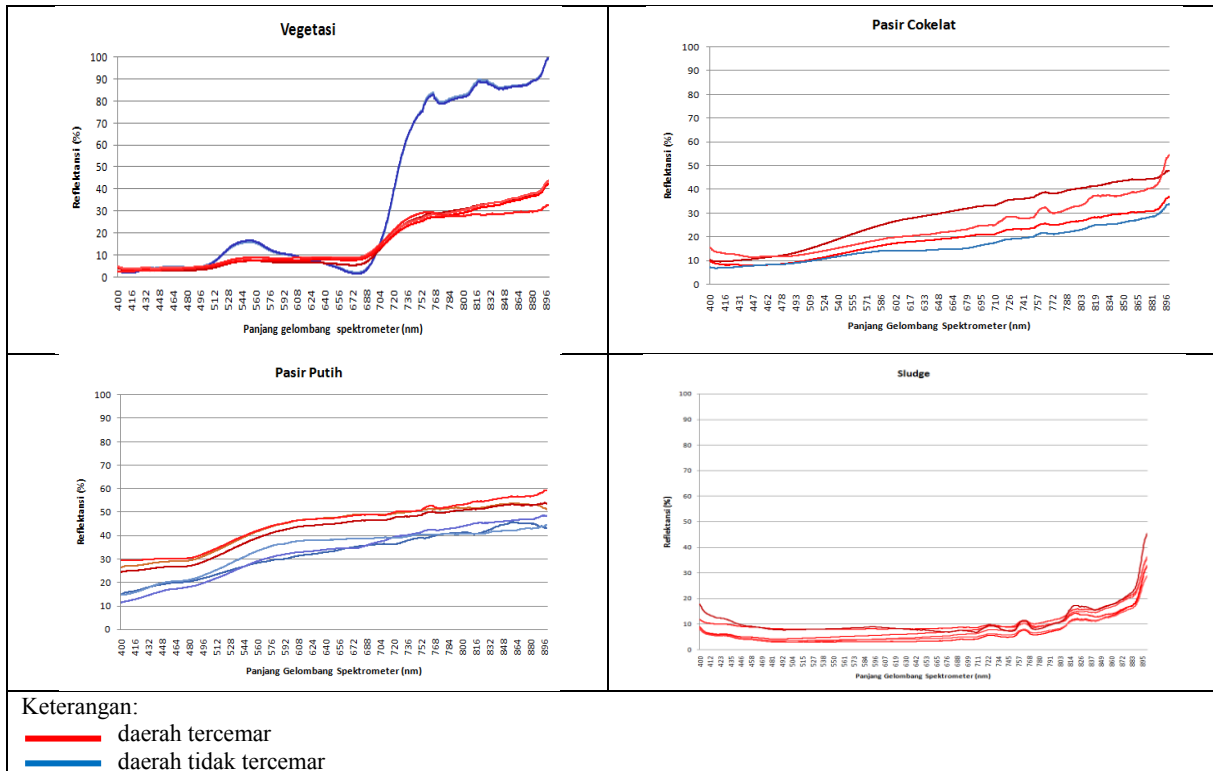
Berdasarkan pola spektral dapat dikatakan bahwa obyek vegetasi memiliki pola berfluktuasi dengan nilai puncak pada panjang gelombang merah (kanal 5). Obyek pasir dan *sludge* di daerah tercemar serta lahan terbuka lainnya memiliki pola yang hampir sama yaitu puncak reflektansi pada panjang gelombang SWIR 1 yaitu kanal 6 kemudian menurun kembali pada kanal SWIR 2 atau kanal 7, sedangkan perbedaan pasir *sludge* memiliki reflektansi yang lebih tinggi dibandingkan lahan terbuka lainnya terutama pada panjang gelombang merah, NIR dan SWIR 1. Profil spektral obyek tercemar dan tidak tercemar dari *endmember* citra Landsat dapat ditunjukkan pada Gambar 3-2. Nilai rata-rata spektral *endmember* dari citra Landsat 8 tersebut untuk masing-masing obyek (vegetasi, pasir *sludge* dan lahan terbuka) selanjutnya dijadikan spektral referensi dalam proses klasifikasi berdasarkan metode SAM.

3.3 Klasifikasi *Spectral Angel Mapper* (SAM)

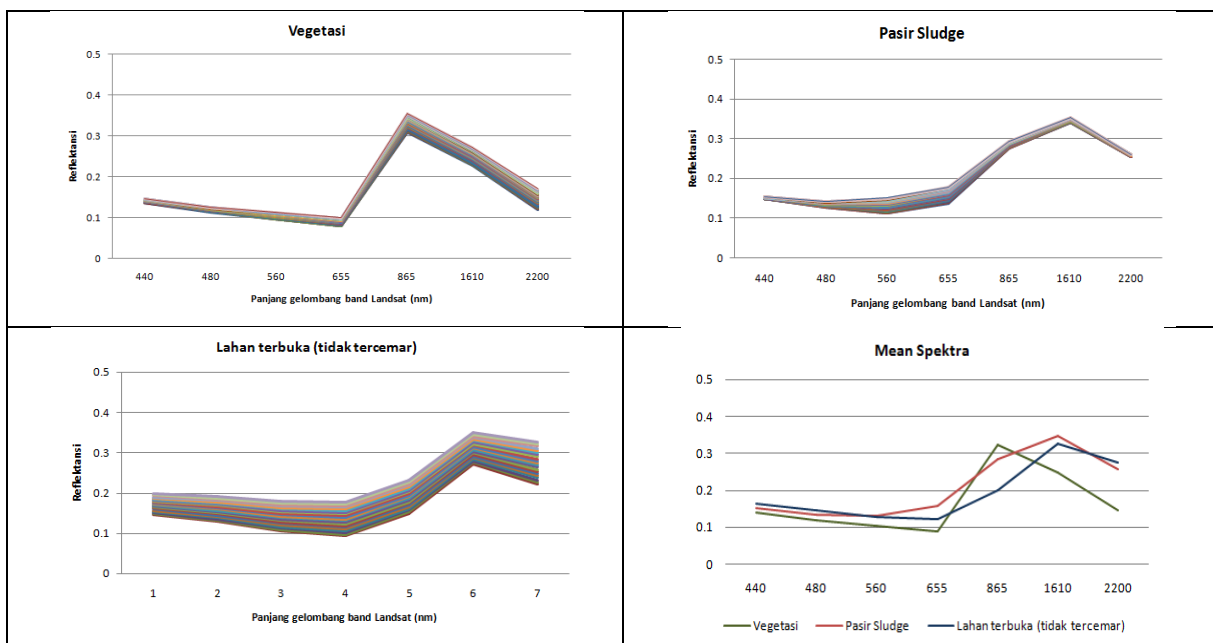
Klasifikasi SAM dilakukan dengan spektral referensi berasal dari spektrometer dan *endmember* dari citra Landsat 8. Berdasarkan klasifikasi dengan dua jenis referensi spektral tersebut kemudian dibandingkan metode yang memberikan hasil lebih baik. Sebelum dilakukan klasifikasi, citra Landsat yang dianalisis dibatasi hanya

pada daerah dengan tutupan lahan terbuka dan vegetasi rendah, sehingga untuk tutupan lahan jenis lainnya seperti hutan dan permukiman dipisahkan atau dihilangkan dari citra. Hal ini dilakukan untuk membatasi analisis sesuai dengan spektral referensi yang digunakan baik berdasarkan data spektrometer (pengukuran di lapangan)

maupun *endmember*. Gambar 3-3 memperlihatkan data citra Landsat 8 RGB 653 yang sudah dibatasi sesuai dengan jenis tutupan lahan, yaitu area yang berwarna hitam adalah daerah analisis yang dihilangkan, dan daerah dengan lingkaran merah merupakan daerah tercemar limbah.



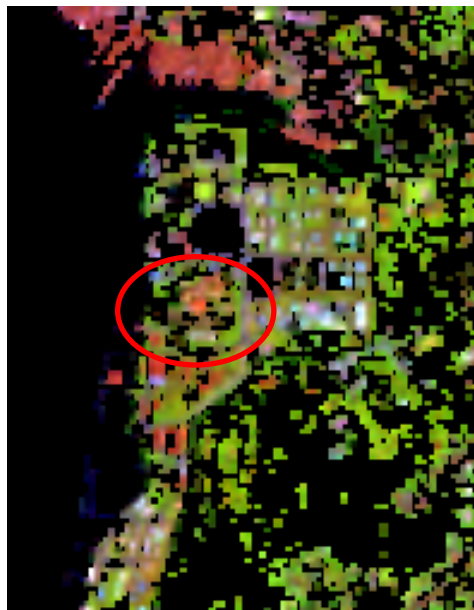
Gambar 3-1: Profil Spektral Obyek Tercemar dan Tidak Tercemar dari Spektrometer (Haryani dkk, 2015)



Gambar 3-2: Profil spektral obyek tercemar dan tidak tercemar dari *endmember* citra Landsat (Haryani dkk., 2015)

Proses awal klasifikasi menggunakan SAM diperlukan pengaturan besar sudut antara dua spektrum sebagai spektrum ambang batas. Pada Gambar 3-4 diperlihatkan perbandingan sudut yang digunakan dalam proses klasifikasi. Pada proses klasifikasi dengan menggunakan sudut 0,1 terlihat masih terdapat beberapa piksel yang belum terklasifikasi artinya penggunaan sudut 0,1 belum bisa mengelaskan

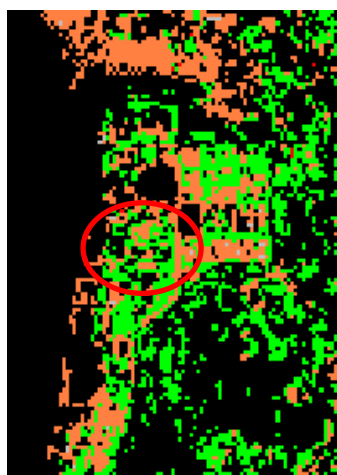
semua piksel yang ada pada citra. Ketika menggunakan sudut 0,2 maka semua piksel sudah terklasifikasi, dan ketika menggunakan sudut lebih besar dari 0,2 menunjukkan hasil yang sama dengan sudut 0,2 yaitu semua piksel sudah terklasifikasi. Oleh karena itu, maka pada penelitian ini sudut (radian) yang digunakan dalam proses klasifikasi SAM adalah sebesar 0,2.



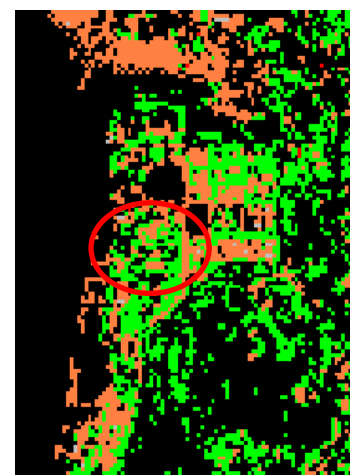
Gambar 3-3: Citra Landsat 8 RGB 653 yang sudah dibatasi daerah analisisnya



$\alpha = 0,1$



$\alpha = 0,2$

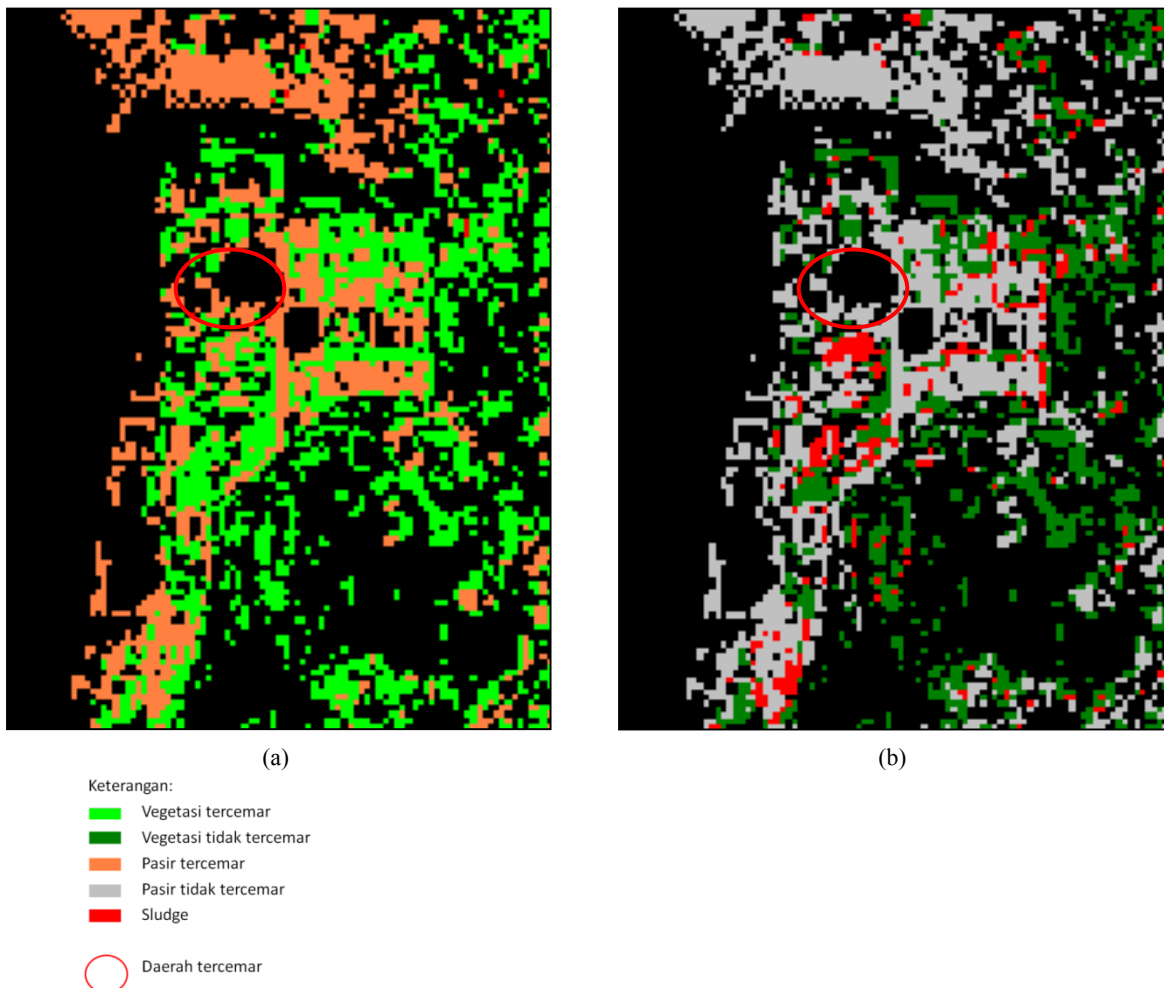


$\alpha > 0,2$

Gambar 3-4: Perbandingan hasil klasifikasi dengan perbedaan besar sudut radian (α)

Tahap pertama klasifikasi SAM dilakukan menggunakan referensi berdasarkan spektrum yang diperoleh dari pengukuran spektrometer di lapangan. Hasil klasifikasi SAM menggunakan referensi dari spektrometer dapat dilihat pada Gambar 3-5a, yaitu daerah tercemar ditandai dengan lingkaran berwarna merah. Pada hasil SAM tersebut dapat dilihat proses klasifikasi hanya berhasil mengelaskan dua kelas dominan yaitu kelas vegetasi tercemar dan pasir tercemar di seluruh wilayah baik tercemar maupun tidak tercemar. Berdasarkan perhitungan akurasi menggunakan data pengecekan

di lapangan, diperoleh hasil klasifikasi SAM menggunakan spektral referensi dari data spektrometer hanya memperoleh tingkat akurasi sebesar 33,3 %. Perhitungan akurasi dapat dilihat pada Tabel 3-1. Faktor yang dapat mempengaruhi rendahnya nilai akurasi tersebut diantaranya adalah tidak digunakannya panjang gelombang SWIR, karena resolusi spektral spektrometer yang digunakan terbatas pada panjang gelombang *visible* dan NIR. Pengujian penggunaan panjang gelombang SWIR dapat dilihat pada bagian analisis selanjutnya.



Gambar 3-5: Hasil klasifikasi SAM menggunakan spektral referensi dari spektrometer (a) dan *endmember* dari citra (b)

Metode klasifikasi yang berikutnya adalah klasifikasi SAM dengan spektral referensi dari *endmember* citra Landsat 8. Hasil klasifikasi SAM menggunakan referensi dari *endmember* yang diekstraksi dari citra landsat dapat dilihat pada Gambar 3-5b. Pada hasil SAM dengan spektral referensi citra itu sendiri dapat dilihat bahwa kelas yang terbentuk terdiri dari 3 kelas sesuai dengan *endmember* yang digunakan. Klasifikasi memberikan hasil yang lebih baik yaitu pada daerah tercemar (lingkaran merah) secara umum terklasifikasi sebagai kelas tercemar yaitu pasir dan *sludge*, sedangkan di luar daerah tercemar dominan terkelaskan sebagai vegetasi dan lahan terbuka tidak tercemar. Berdasarkan perhitungan akurasi menggunakan data pengecekan lapangan, diketahui bahwa hasil klasifikasi SAM menggunakan spektral referensi dari *endmember* citra memiliki tingkat akurasi 66,7%. Perhitungan akurasi dapat ditunjukkan pada Tabel 3-2.

Klasifikasi dengan spektral referensi *endmember* citra memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan spektral dari spektrometer, hal ini dapat terjadi karena telah digunakannya kanal dengan panjang gelombang SWIR yaitu kanal 6 dan kanal 7 pada Landsat 8. Pada Gambar 3-6 dapat dilihat perbandingan hasil klasifikasi SAM menggunakan spektral referensi *endmember* ketika menggunakan kanal SWIR dan tidak menggunakan kanal SWIR. Ketika menggunakan kanal SWIR dapat dilihat bahwa obyek tercemar (pasir *sludge*) dominan terdapat pada daerah tercemar, sedangkan ketika tidak menggunakan kanal SWIR kelas pasir *sludge* masih banyak terlihat di luar daerah tercemar. Sehingga penggunaan kanal SWIR dalam klasifikasi lahan tercemar memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini menunjukkan bahwa kanal SWIR cukup sensitif dalam mengelaskan lahan tercemar dan tidak tercemar.

Tabel 3-1: PERHITUNGAN AKURASI SAM DENGAN REFERENSI SPEKTROMETER

Overall Accuracy: 33.3333% from 36 observations

Kappa statistic: 0.085

	Vegetasi tercemar	Vegetasi tidak tercemar	Pasir Tercemar	Pasir Tidak Tercemar	Sludge
Vegetasi tercemar	6	12	2	1	0
Vegetasi tidak tercemar	0	0	0	0	0
Pasir Tercemar	5	1	6	1	2
Pasir Tidak Tercemar	0	0	0	0	0
Sludge	0	0	0	0	0

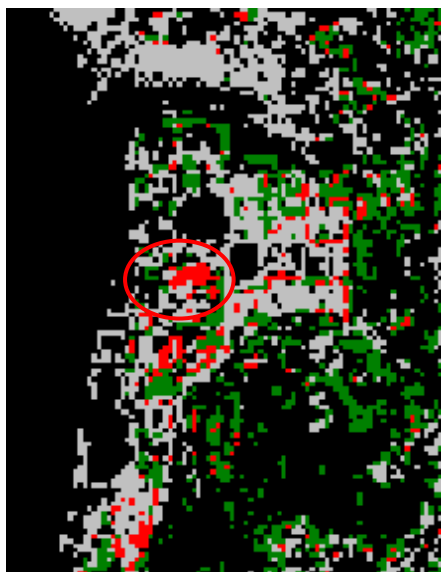
Tabel 3-2: PERHITUNGAN AKURASI SAM DENGAN REFERENSI *ENDMEMBER* LANDSAT

Overall Accuracy: 66.6667% from 36 observations

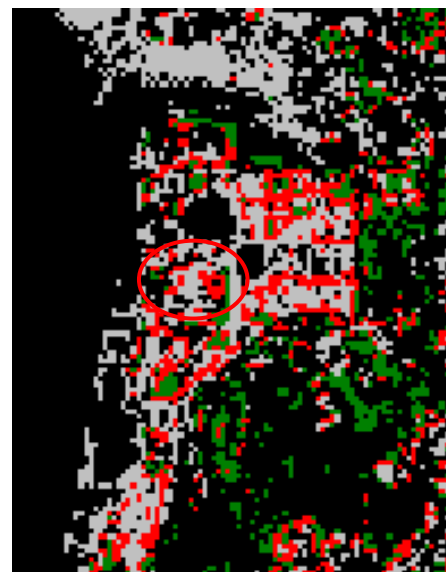
Kappa statistic: 0.502

Classified File\Reference File

	Vegetasi	Lahan terbuka tidak tercemar	Pasir dan <i>sludge</i>
Vegetasi	10	0	0
Lahan terbuka tidak tercemar	2	2	9
Pasir dan <i>sludge</i>	1	0	12



(a)



(b)

Keterangan:

- Vegetasi
- Lahan terbuka tidak tercemar
- Pasir Sludge
- Daerah tercemar

Gambar 3-6: Perbandingan hasil klasifikasi SAM menggunakan kanal SWIR (a) dan tidak menggunakan kanal SWIR (b)

3.4 Perbandingan Klasifikasi *Spectral Angel Mapper (SAM)* dengan *Spectral Mixture Analysis (SMA)*

Penelitian yang telah dilakukan (Haryani et al, 2015) dengan menggunakan klasifikasi *Spectral Mixture Analysis (SMA)* dapat diuraikan sebagai berikut: bahwa klasifikasi SMA menggunakan spektral dari data pengukuran spektrometer di lapangan, menunjukkan bahwa untuk fraksi vegetasi masih sesuai dengan kondisi di lapangan, tetapi untuk fraksi pasir tercemar, pasir tidak tercemar dan fraksi *sludge*

terdapat perbedaan yaitu pasir tercemar dan *sludge* yang seharusnya bernilai tinggi di lokasi tercemar tetapi terlihat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kisaran panjang gelombang pada spektrometer menunjukkan kurang sensitif untuk pengukuran obyek terkena limbah *acid sludge*. Sedangkan hasil klasifikasi metode SMA menggunakan *endmember* dari citra ini menunjukkan hasil yang lebih baik yaitu pada daerah tercemar memiliki fraksi vegetasi rendah dan fraksi pasir *sludge* yang tinggi.

Secara ringkas perbandingan klasifikasi SAM dan SMA untuk daerah tercemar limbah

Klasifikasi SAM	Klasifikasi SMA
1.Menggunakan spektral referensi <i>endmember</i> citra landsat 8 (mempunyai panjang gelombang <i>Visible, Near Infrared</i> dan <i>SWIR</i>)	
<ul style="list-style-type: none"> - dapat mengelaskan obyek tercemar pasir dan <i>sludge</i> - dapat mengelaskan obyek tidak tercemar vegetasi dan lahan terbuka - tingkat akurasi sebesar 66,7 % 	<ul style="list-style-type: none"> - mengelaskan vegetasi, lahan terbuka tidak tercemar dan <i>sludge</i> - tidak dapat membedakan vegetasi tercemar, pasir tercemar dan pasir tidak tercemar, yang seharusnya terlihat spektralnya tinggi, disini terlihat rendah - tingkat akurasi sebesar 62,5 %
2.Menggunakan spektral referensi pengukuran spektrometer di lapangan (panjang gelombang <i>visible</i> dan <i>near infrared</i>), tidak menggunakan panjang gelombang SWIR	
<ul style="list-style-type: none"> - mengelaskan vegetasi tercemar dan pasir tercemar - tidak dapat membedakan pasir tercemar dan pasir tidak tercemar - tingkat akurasi sebesar 33,3 % 	<ul style="list-style-type: none"> - mengelaskan vegetasi tercemar dan vegetasi tidak tercemar - kelas pasir tercemar dan pasir tidak tercemar, serta <i>sludge</i> yang harusnya spektralnya tinggi tetapi terlihat rendah
3.Keunggulan	
<ul style="list-style-type: none"> - tidak dipengaruhi faktor pencahayaan matahari, karena sudut antara vektor tidak tergantung pada panjang vector - metode mudah dan cepat untuk pemetaan kesamaan spektrum citra dengan spektrum referensi - tidak perlu asumsi pada distribusi statistik data masukan dalam melakukan klasifikasi (Petropoulos dkk., 2010). 	<ul style="list-style-type: none"> - memberikan informasi tutupan lahan hingga tingkat subpiksel secara kuantitatif sehingga dapat memecahkan permasalahan keberadaan piksel campuran atau satu piksel dimungkinkan terdapat lebih dari satu obyek (Pascari dkk, 2013).

Perhitungan akurasi dilakukan terhadap citra hasil klasifikasi daerah tercemar dan tidak tercemar berdasarkan metode SMA dengan acuan hasil survey lapangan. Perhitungan akurasi dihitung berdasarkan *confusion matrix* yaitu *matrix* berukuran $n \times n$ yang berisi informasi tentang klasifikasi aktual dan klasifikasi prediksi yang diperoleh dari suatu sistem klasifikasi, dimana n adalah jumlah kelas yang berbeda (Visa *et al*, 2011). Hasil yang diperoleh tingkat akurasi pengkelasan berdasarkan indeks ini sebesar 62,5%, meskipun hasil akurasi belum cukup tinggi tetapi indeks ini sudah mampu mengklasifikasikan obyek tercemar dan tidak tercemar.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis spektral menggunakan metode *Spectral Angel Mapper* (SAM) dengan spektral referensi berdasarkan *endmember* citra menunjukkan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan spektral referensi berdasarkan pengukuran spektrometer di lapangan. Tingkat akurasi klasifikasi SAM dengan spektral referensi berdasarkan *endmember* citra landsat adalah sebesar 66,7%, sedangkan dengan menggunakan referensi pengukuran spektrometer di lapangan hanya mencapai 33,3%. Faktor yang mempengaruhi rendahnya akurasi adalah perbedaan yang signifikan antara profil spektral yang

diperoleh dari spektrometer dengan spektral Landsat-8 akibat perbedaan spasial dan ketinggian. Sedangkan analisis spektral menggunakan metode *Spectral Mixture Analysis* (SMA) dengan spektral referensi berdasarkan *endmember* citra menggunakan citra Landsat 8 yang mempunyai kisaran panjang gelombang *Visible, Near Infrared*, dan *SWIR* memberikan hasil yang lebih sesuai dengan kondisi di lapangan.

Saran untuk penelitian selanjutnya mengenai deteksi daerah tercemar lumpur asam disarankan untuk menggunakan data penginderaan jauh resolusi spektral dan spasial yang tinggi sehingga diharapkan dapat memberikan hasil klasifikasi yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada LAPAN yang telah memberikan biaya dalam pelaksanaan penelitian ini hingga selesai. Penelitian ini merupakan salah satu hasil penelitian di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh- LAPAN.

DAFTAR RUJUKAN

- Adams, J. B., & Gillespie, A. R., 2006. *Remote Sensing of Landscapes with Spectral Images: A Physical Modeling Approach*, Cambridge, UK: Cambridge University Press 362 pp.
- Boardman, J., 1993. *Automatic Spectral Unmixing of AVIRIS Data Using Convex Geometry Concepts*, In: Annual JPL Airborne Geosciences Workshop, 4, Pasadena, CA. *Summaries, JPL Publication*, pp.93-26.
- Haryani, N.S., S. Sulma, and J.M. Pasaribu, 2013. *Detection of Acid Sludge Contaminated Area Based on Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Value*, Proceeding of The 34th ACRS (Asean Conference on Remote Sensing), Bridging Sustainable Asia, 20-24 Oktober 2013, Bali.
- Haryani, N.S., S. Sulma, J.M. Pasaribu, dan H.L. Fitriana, 2015. *Karakteristik Pola Spektral pada Daerah Tercemar Limbah B3*, Prosiding PIT MAPIN 2015. Bogor.
- Haryani, N.S., S. Sulma, J.M. Pasaribu, dan H.L. Fitriana, 2015. *Klasifikasi Daerah Tercemar Limbah Acid Sludge Menggunakan Metode Spectral Mixture Analysis Berbasis Data Landsat 8*. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan data Citra Digital*, Vol.12, No.1, Juni 2015, pp. 13-28.
- Johnson, R.W. and Tothill, J.C., 1985. *Definition and Broad Geographic Outline of Savanna Lands, in Ecology and Management of the World's Savannas*, Edited by J.C. Tothill, J.J.Mott, Australian Academia of Science, Canberra.
- Kruse, F.A., 1993. *The Effects of AVIRIS Atmosfer Calibration Methodology on Identification and Quantitative Mapping of Surface Mineralogy*, Drums Mountains, Utah, in *Summaries of the Fourth Airborne Geoscience Workshop*, pp.101-104.
- Mumby, P.J., and C.D. Clark, 2000. *Radiometric Correction of Satellite and Airborne Images*, In: Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J. and Clark, C.D. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Coastal Management Sourcebooks 3, UNESCO, Paris, 109 –120.
- Pertamina, 2011. *Laporan progres tindak lanjut pengelolaan acid sludge*, Pertamina Refinery Unit V, Balikpapan.
- Pertamina, 2012. *Laporan progress pemulihan lahan terkontaminasi acid sludge di Main Flare*, Pertamina Refinery Unit V, Balikpapan.
- Petropoulos, G. P., K. P. Vadrevu, G. Xanthopoulos, G. Karantounias, and M. Scholze, 2010. *A Comparison of Spectral Angle Mapper and Artificial Neural Network Classifiers Combined with Landsat TM Imagery Analysis for Obtaining Burnt Area Mapping*, *Sensors* (Basel, Switzerland), 10(3), 1967–1985. doi:10.3390/s100301967.
- Sulma, S., J.M. Pasaribu, dan N.S. Haryani, 2014. *Deteksi Daerah Tercemar Lumpur Asam Menggunakan data Landsat 7 ETM Berdasarkan Suhu Permukaan Tanah*, *Jurnal Penginderaan Jauh dan*

- Pengolahan data Citra Digital, Vol.11, No.2, pp. 76-87.
- USGS, 2015. *Using the USGS Landsat 8 Product*, http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php. [Akses Februari 2015]
- Visa, S., B. Ramsay, A. Ralescu, and E. VanDerKnaap, 2011. *Confusion Matrix-Based Feature Selection*. Proceedings of The 22nd Midwest Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference, pp. 120-127.

**PERBANDINGAN METODE KLASIFIKASI PENUTUP LAHAN
BERBASIS PIKSEL DAN BERBASIS OBYEK MENGGUNAKAN
DATA PiSAR-L2
(COMPARISON BETWEEN PIXEL-BASED AND OBJECT-BASED
METHODS FOR LAND COVER CLASSIFICATION
USING PiSAR-L2 DATA)**

R. Johannes Manalu¹, Ahmad Sutanto, dan Bambang Trisakti

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Kalisari Lapan No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710, Indonesia

¹e-mail: jo_manalu@yahoo.com

Diterima 3 Mei 2016; Direvisi 16 Juni 2016; Disetujui 20 Juni 2016

ABSTRACT

PiSAR-L2 program is an experimental program for PALSAR-2 sensor installed on ALOS-2. Research collaboration had been conducted between the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and Ministry for Research and Technology of Indonesia in 2012 to assess the ability of PiSAR-L2 data for some applications. This paper explores the utilization of PiSAR-L2 data for land cover classification in forest area using pixel-based and object-based methods, then carried out comparison between the two methods. PiSAR-L2 data full polarization with 2.1 level for Riau province was used. Field data conducted by JAXA team and landcover map from WWF were used as references to collect input and evaluation sample. Pre-processing was done by doing backscatter conversion and filtering, then classification was conducted and it's accuracy was tested. Two methods were used, 1) Maximum Likelihood Enhance Neighbor classifier for pixel-based and 2) Support Vector Machine for object based classification. The effect of spatial resolution on classification result was also analyzed. The results show that pixel-based produced mixed pixels "salt and pepper", the classification accuracies were 62% for 2.5 m and 83% for 10 m spatial resolution. While the object-based has some advantages: high homogeneity (absence of mixed pixels), clear and sharp boundary among classes, and high accuracy (97% for 10 m spatial resolution), although it was still found errors in some classes.

Keywords: PiSAR-L2, Pixel-based, Object-based, Texture band

ABSTRAK

Program *Polarimetric Interferometric Airborne Synthetic Aperture Radar of L-band version 2* (PiSAR-L2) adalah program eksperimen sensor *Phased-Array Synthetic Aperture RADAR-2* (PALSAR-2) yang dipasang pada satelit *Advanced Land Observing Satellite-2* (ALOS-2). Kerjasama riset telah dilakukan antara JAXA dan Kementerian Riset dan Teknologi pada 2012 untuk mengkaji kemampuan data PiSAR L-2 yang direkam menggunakan pesawat untuk beberapa aplikasi. Kegiatan ini menggunakan data PiSAR L-2 untuk klasifikasi penutup lahan di wilayah hutan dengan metode klasifikasi berbasis piksel dan berbasis obyek, kemudian membandingkan kedua metode tersebut. Data yang digunakan adalah data PiSAR L-2 polarisasi penuh dengan level 2.1 untuk wilayah Provinsi Riau. Data lapangan diperoleh dari survei lapangan tim JAXA dan peta penutup lahan dari *World Wildlife Fund* dijadikan sebagai referensi untuk sampel masukan dan pengujian. Pengolahan awal melakukan konversi *backscatter* dan *filtering*, kemudian melakukan klasifikasi dan uji akurasi. Dua metode klasifikasi yang digunakan, 1) Metode *Maximum Likelihood Enhance Neighbor classifier* untuk klasifikasi berbasis piksel dan 2) Metode *Support Vector Machine* untuk klasifikasi berbasis obyek. Pada kegiatan ini dilakukan analisis pengaruh resolusi spasial terhadap hasil klasifikasi. Hasil memperlihatkan bahwa metode berbasis piksel mempunyai piksel bercampur “*salt and pepper*”, akurasi klasifikasi adalah 62% untuk spasial resolusi 2.5 m dan 83% untuk spasial resolusi 10 m. Sedangkan klasifikasi berbasis obyek mempunyai kelebihan dengan homogenitas obyek yang tinggi (tidak adanya piksel bercampur), batas antara kelas yang jelas dan tegas, serta akurasi yang tinggi (97% untuk resolusi spasial 10 m), walau masih ada kesalahan pada beberapa kelas penutup lahan.

Kata kunci: *PiSAR-L2, Berbasis piksel, Berbasis obyek, Band tekstur*

1 PENDAHULUAN

Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh telah dilakukan secara ekstensif untuk mendukung kegiatan di berbagai sektor, seperti sektor pertanian, kehutanan, sumberdaya air, kelautan dan perikanan, serta mitigasi bencana. Saat ini data satelit dengan sensor optik masih merupakan data yang paling banyak digunakan untuk kegiatan, karena data satelit optik mempunyai beberapa kelebihan seperti resolusi spasial, temporal, dan spektral data yang tinggi, serta ketersediaan data yang lengkap. Dengan kelebihan tersebut maka data satelit optik dapat memberikan informasi detil mengenai obyek (warna, bentuk, tekstur dan lain lain) yang mendekati kondisi obyek sebenarnya dipermukaan bumi, dan pasokan data masukan yang konsisten untuk mendukung kegiatan produksi informasi secara operasional.

Permasalahan utama pada data satelit sensor optik adalah banyak penutupan awan sehingga menyulitkan dalam identifikasi obyek (gelombang elektromagnetik pada gelombang

cahaya tampak dan infra merah dipengaruhi oleh penutupan awan). Permasalahan penutupan awan pada data optik mengakibatkan data yang direkam oleh sensor optik tidak selalu dapat digunakan untuk menghasilkan informasi (Trisakti dan Hamzah, 2013). Bahkan pada daerah subtropis dengan liputan awan yang tinggi, maka banyak data satelit sensor optik yang tidak dapat digunakan dan harus diisi dengan data yang direkam pada waktu yang berbeda.

Synthetic Aperture Radar (SAR) adalah sensor satelit pada panjang gelombang mikro yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan liputan awan sehingga berpotensi untuk digunakan dalam pemantauan permukaan bumi dengan berbagai skala dari skala regional sampai skala global. Data yang direkam dengan sensor SAR juga mempunyai karakteristik khusus, yaitu bebas liputan awan, mempunyai informasi polarimetri dan interferometri dan sensitif pada tingkat kebasahan obyek yang sangat bermanfaat untuk mendukung berbagai kegiatan (JAXA, 2012).

Kemampuan data SAR untuk mendapatkan data yang bebas liputan awan adalah keuntungan yang paling utama untuk melakukan pemantauan pada daerah beriklim tropis basah seperti Indonesia. Oleh karena itu kajian pemanfaatan data SAR di wilayah Indonesia sangat penting dilakukan untuk mengetahui potensi pemanfaatan data SAR dan tingkat akurasi dari informasi yang dihasilkan.

Advanced Land Observing Satellite (ALOS) adalah satelit milik Jepang yang diluncurkan pada 24 Januari 2006 dari Pusat Peluncuran Tanegashima, Jepang. ALOS dilengkapi dengan tiga sensor, yang terdiri dari *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), *the Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2* (AVNIR-2), dan *the type L band Phased-Array Synthetic Aperture RADAR* (PALSAR). PALSAR adalah sensor SAR yang mempunyai kemampuan untuk merekam citra polarisasi penuh (HH, VV, HV dan VH) dengan resolusi 10-100 meter (JAXA, 2008). Kajian mengenai kemampuan data PALSAR telah dilakukan oleh peneliti dari berbagai negara dan dipublikasikan melalui media prosiding atau jurnal. Hasil kajian tersebut memperlihatkan bahwa data PALSAR sangat potensial untuk identifikasi lahan sawah pada area yang sempit dengan berbagai bentuk lahan yang berbeda (Raimadoya et al., 2007),

PALSAR juga cukup baik digunakan untuk klasifikasi penutup lahan di wilayah Indonesia dengan memanfaatkan seluruh band polarisasinya (Sambodo et al., 2005). Pemanfaatan data SAR (termasuk data PALSAR) untuk kehutanan menunjukkan bahwa data SAR mempunyai kemampuan yang baik untuk membedakan berbagai jenis penutup lahan hutan (Sgrenzaroli, 2004). PALSAR juga terbukti dapat menjadi data masukan untuk meningkatkan hasil klasifikasi hutan dan bukan hutan dengan cara menggabungkan data PALSAR dengan data Landsat multi waktu (Lehmann et al., 2012), selain itu juga data PALSAR dapat digunakan untuk mengestimasi biomassa di atas permukaan tanah pada kondisi hutan yang rapat (Watanabe et al., 2013).

Ketika operasional dari satelit ALOS berakhir pada pertengahan 2011, JAXA melanjutkan program satelit ALOS dengan meluncurkan satelit generasi kedua yaitu ALOS-2 dengan sensor PALSAR-2 pada 24 Mei 2014. Pengujian sensor PALSAR-2 dilakukan dengan menggunakan sensor *Polarimetric Interferometric Airborne Synthetic Aperture Radar of L-band version 2* (PiSAR-L2) pada *airborne SAR L-band* yang mempunyai kemampuan sama dengan sensor PALSAR-2 yang dibawa oleh satelit ALOS-2. Tabel 1-1 memperlihatkan perbandingan antara sensor PALSAR dan PALSAR-2.

Tabel 1-1: PERBANDINGAN ANTARA SENSOR PALSAR DAN PALSAR-2 (TIPE L BAND)

Parameter	PALSAR (Diluncurkan 2006)	PALSAR-2 (Diluncurkan 2014)
	- Perulangan: 46 hari	- Perulangan: 14 hari
Frekuensi Observasi	- Observasi pada siang hari terbatas karena harus bergantian dengan observasi oleh sensor optik - <i>Incidence angle</i> : 8-60° - <i>Right-side looking</i>	- Tidak ada konflik - <i>Incidence angle</i> : 8-70° - <i>Right or left-side looking observation capability</i>
Resolusi Spasial	- <i>Strip map</i> : 10 m - <i>ScanSAR</i> : 100 m	- <i>Strip map</i> : 3 m / 6 m / 10 m - <i>ScanSAR</i> : 100 m - <i>Spotlight</i> : 1 m x 3 m

Sumber: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/alos-2>

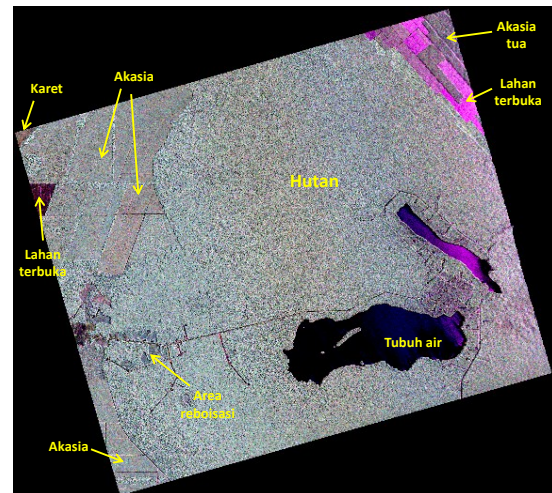
Kementerian Riset dan Teknologi (KemenRistek) telah bekerjasama dengan JAXA dalam program *Indonesia-Japan Joint Airborne PiSAR-L2 Campaign* yang bertujuan untuk melakukan kajian kemampuan sensor PiSAR-L2 untuk mendukung beberapa kegiatan strategis di Indonesia (Shimada *et al.*, 2013). Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) adalah salah satu institusi penelitian yang terlibat dalam program kerjasama di bawah koordinasi dari KemenRistek yang mempunyai tanggung jawab untuk mengkaji kemampuan sensor PiSAR-L2 untuk pemetaan hutan, deteksi kapal, dan mitigasi bencana. Kegiatan ini bertujuan mengetahui kemampuan data PALSAR-2 polarisasi penuh yang direkam dengan menggunakan pesawat untuk klasifikasi penutup lahan di wilayah hutan.

Dua metode klasifikasi, yaitu: klasifikasi berbasis piksel dan klasifikasi berbasis obyek, akan digunakan dan hasilnya dibandingkan untuk mengetahui kelebihan dan kelemahannya sehingga dapat diketahui metode yang sesuai untuk pemetaan hutan di wilayah kajian.

2 BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian adalah wilayah hutan di Provinsi Riau yang memiliki penutup lahan yang cukup bervariasi. Untuk mengidentifikasi jenis penutup lahan di wilayah tersebut digunakan data referensi, yaitu data hasil pengamatan di lapangan yang dilakukan oleh tim JAXA pada 2012 (Shimada *et al.*, 2014) dan peta penutup lahan 2009 yang dibuat oleh *World Wildlife Fund* (WWF) pada lokasi yang sama dengan citra PiSAR-L2 yang digunakan. Penutup lahan di wilayah ini didominasi dengan hutan hujan tropis dan perkebunan akasia, penutup lahan lainnya adalah tubuh air, lahan terbuka, perkebunan karet dan lahan hutan yang lagi ditanami kembali (reboisasi). Data satelit yang digunakan adalah data PiSAR-L2 pada 5 Agustus

2013, dimana level data adalah 2.1 (Citra yang sudah dilakukan orthorektifikasi) dan merupakan data polarisasi penuh (HH, VV, HV dan VH) dengan resolusi spasial 2.5 meter. Citra PiSAR-L2 dan hasil identifikasi penutup lahan diperlihatkan pada Gambar 2-1 dan diperoleh dari JAXA dalam kerangka kerjasama Indonesia *Japan Joint Airborne PiSAR-L2 Campaign*.



Gambar 2-1: Citra PiSAR-L2 dan hasil identifikasi penutup lahan berdasarkan *survey* lapangan tim JAXA dan peta penutup lahan 2009 (WWF)

Pada tahap pengolahan awal dilakukan perubahan nilai digital piksel menjadi nilai *backscatter* dengan menggunakan algoritma yang dikembangkan untuk data ALOS PALSAR (Shimada *et al.*, 2009), dimana terdapat perubahan untuk nilai faktor kalibrasinya. Faktor kalibrasi untuk PiSAR-L2 adalah -79.6. Algoritma yang digunakan pada kegiatan ini diperlihatkan pada persamaan (2-1).

$$\sigma^{\circ}_{(dB)} = 10 \cdot \log_{10} \langle DN^2 \rangle - CF \quad (2-1)$$

Keterangan:

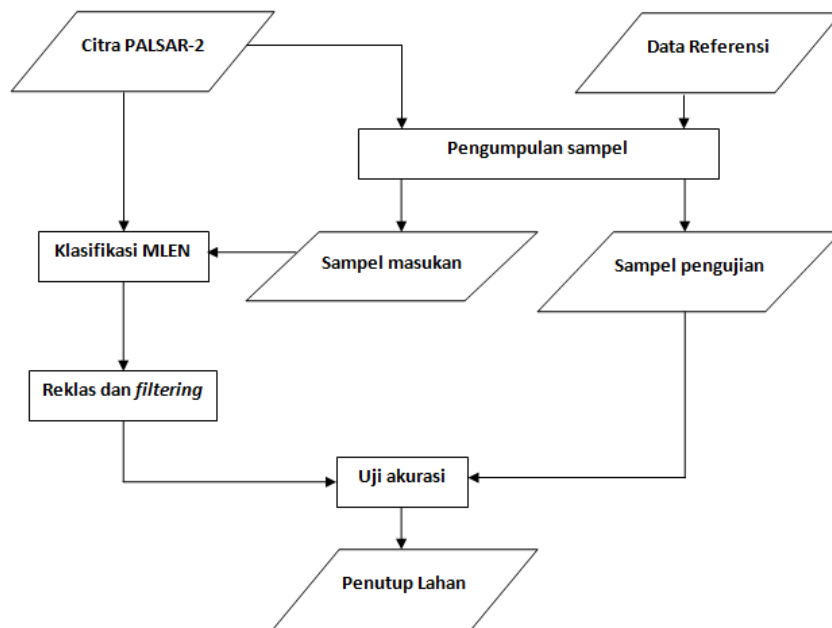
- σ° : *Sigma nought* dalam decibel
- DN^2 : Rata-rata nilai pada jendela 3x3
- CF : Faktor kalibrasi untuk data PiSAR-L2 dengan nilai sebesar -79.6.

Selanjutnya dilakukan juga *filtering* untuk mengurangi *speckle noise* pada citra PiSAR-L2, *filtering* dilakukan dengan menggunakan *Lee filter* (Lopez *et*

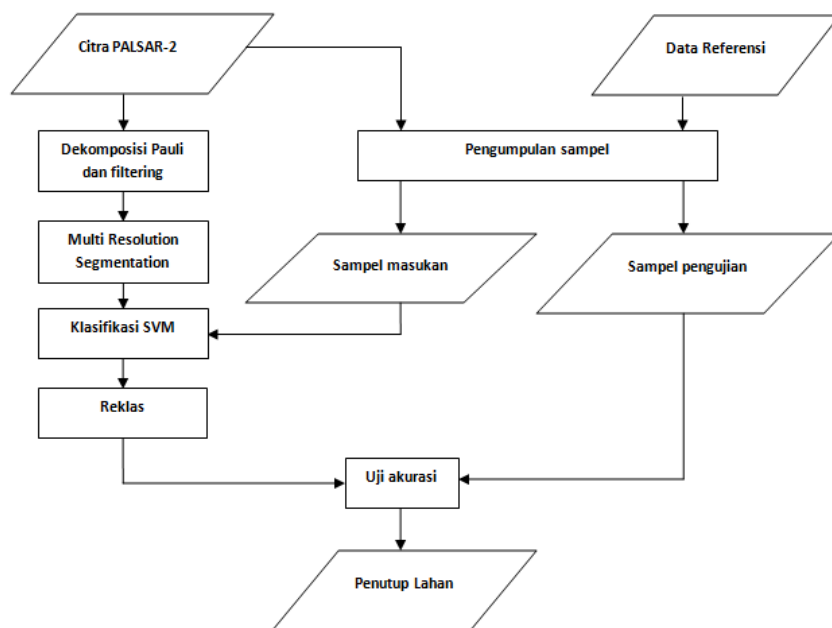
al., 1990). Selanjutnya diagram alir dari proses klasifikasi diperlihatkan pada Gambar 2-2 untuk metode klasifikasi berbasis piksel dan Gambar 2-3 untuk metode klasifikasi berbasis obyek.

Data sampel untuk masukan proses klasifikasi dan pengujian akurasi dikumpulkan dari data hasil pengamatan di lapangan yang dilakukan oleh tim JAXA pada tahun 2012 (Shimada *et. al.*, 2013) dan juga menggunakan peta penutup lahan 2009 yang dibuat oleh *World Wildlife Fund* (WWF). Pada tahap

awal dilakukan pembuatan sampel untuk 14 kelas, masing-masing kelas terdiri dari 20-30 sampel. Setelah proses klasifikasi dilakukan penyusunan kelas kembali sesuai dengan kebutuhan sebenarnya, dari 14 kelas disusun ulang menjadi 7 kelas yang terdiri dari kelas: hutan, perkebunan akasia tua, perkebunan akasia muda, lahan reboisasi, perkebunan karet, lahan terbuka, dan tubuh air.



Gambar 2-2: Diagram alir proses klasifikasi berbasis piksel citra PiSAR-L2



Gambar 2-3: Diagram alir proses klasifikasi berbasis obyek citra PiSAR-L2

Metode klasifikasi berbasis piksel dilakukan dengan menggunakan *Maximum Likelihood Enhance Neighbor classifier* (MLEN) yang meliputi nilai *mean*, varian, dan kovarian sampel *input* untuk mengelompokkan setiap piksel ke dalam kelas-kelas yang sudah ditentukan. Klasifikasi berbasis piksel ini dilakukan dengan tahapan segmentasi yang menggunakan metode *Multi Resolution Segmentation* (MRS) dan metode *Support Vector Machine* (SVM) yang diproses dengan *software* ENVI.

Di sisi lain, metode klasifikasi berbasis obyek dilakukan dengan tahapan segmentasi MRS dan SVM (Li *et al.*, 2008 dan Sutanto *et al.*, 2014). Tahapan ini berhasil meningkatkan akurasi dari hasil klasifikasi sekitar 10% dibandingkan dengan hasil klasifikasi berbasis piksel. Tahapan detil untuk klasifikasi berbasis obyek adalah sebagai berikut: 1) dekomposisi citra menggunakan metode dekomposisi Pauli, 2) melakukan segmentasi menggunakan metode MRS dan 3) Klasifikasi penutup lahan menggunakan metode SVM dengan kernel radial basis *function* (Sutanto *et al.*, 2014).

Klasifikasi dilakukan terhadap 2 jenis resolusi spasial, yaitu data PiSAR-L2 yang mempunyai resolusi 2,5 meter dan data yang sudah di-*resampling* menjadi 10 meter (disamakan dengan resolusi PALSAR, untuk kajian perbandingan). Akurasi dari hasil klasifikasi untuk data PiSAR-L2 dapat ditingkatkan dengan menggunakan *band* tekstur yang dibuat dengan melakukan filter deviasi pada *band* polarisasi awal (Noviar dan Trisakti, 2013), maka pada penelitian ini *band input* yang digunakan untuk proses klasifikasi adalah 6 *band* yang terdiri dari 3 *band* polarisasi awal (HH, HV dan VV) dan 3 *band* tekstur (deviasi HH, deviasi HV dan deviasi VV). Metode pengujian yang digunakan adalah metode *confusion matrix* untuk menghitung *overall accuracy* dari hasil klasifikasi terhadap sampel pengujian. Sampel pengujian yang digunakan

terdiri dari 6 set data sampel yang berbeda, dan setiap set data sampel digunakan untuk sekali pengujian, sehingga total pengujian adalah 6 kali pengujian.

Akurasi akhir diperoleh dengan melakukan rata-rata nilai *overall accuracy* dari 6 pengujian. Selanjutnya dilakukan perbandingan dan analisis terhadap hasil klasifikasi yang dihasilkan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel dan klasifikasi berbasis obyek.

3 HASIL PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Resolusi Spasial pada Hasil Klasifikasi Penutup Lahan

Klasifikasi berbasis piksel dengan menggunakan metode MLEN dilakukan pada data PiSAR-L2 dengan resolusi spasial awal 2,5 meter dan resolusi spasial yang diperkecil menjadi 10 meter dengan melakukan *resampling* data. Enam *band input* digunakan dalam proses klasifikasi, yang terdiri dari 3 *band* polarisasi awal dan 3 *band* tekstur. Pada publikasi sebelumnya, (Noviar dan Trisakti, 2013) menunjukkan bahwa nilai *backscatter* dari *band* polarisasi HH, VV, dan HV berbeda pada setiap obyek di daerah kajian, tetapi nilai *backscatter* hutan dan perkebunan akasia hampir sama dan sulit dipisahkan.

Penggunaan *band* tekstur yang diperoleh dengan menerapkan filter deviasi pada *band* polarisasi dapat memperbesar perbedaan nilai *backscatter* antara hutan dan perkebunan akasia, sehingga pemisahan kedua obyek tersebut dapat dilakukan dengan lebih baik. Penerapan filter deviasi dilakukan dengan alasan bahwa nilai *backscatter* pada hutan lebih *heterogen* dibandingkan pada perkebunan akasia sehingga nilai deviasi obyek hutan menjadi lebih tinggi dari obyek perkebunan akasia. Hasil klasifikasi penutup lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel dengan MLEN untuk data PiSAR-L2 resolusi spasial 2.5 meter, dengan 6

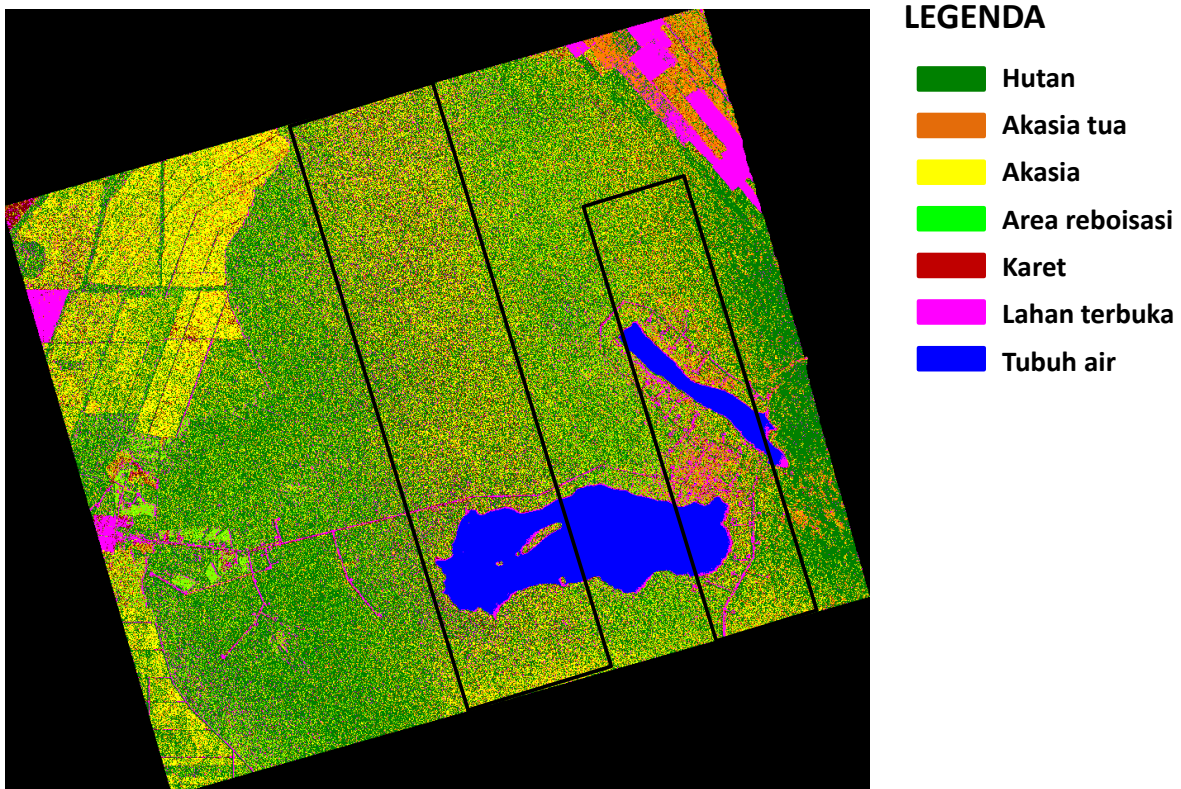
band input (3 *band* polarisasi awal dan 3 *band* tekstur) diperlihatkan pada Gambar 3-1.

Hasil klasifikasi memperlihatkan adanya piksel bercampur “*salt and pepper*” pada beberapa kelas, terutama kelas hutan dan perkebunan akasia. Sedangkan pada kelas tubuh air dan lahan terbuka hasil klasifikasi sangat baik dimana tidak banyak terjadi piksel yang bercampur. Kalau diperhatikan lebih lanjut piksel bercampur banyak terjadi di bagian tengah dan bagian pinggir kanan citra yang mengikuti pola persegi panjang. Pola yang sama juga terlihat pada citra awal (data sebelum diklasifikasi) sehingga piksel bercampur di dalam persegi panjang diperkirakan karena “*noise*” yang terjadi pada saat perekaman citra SAR.

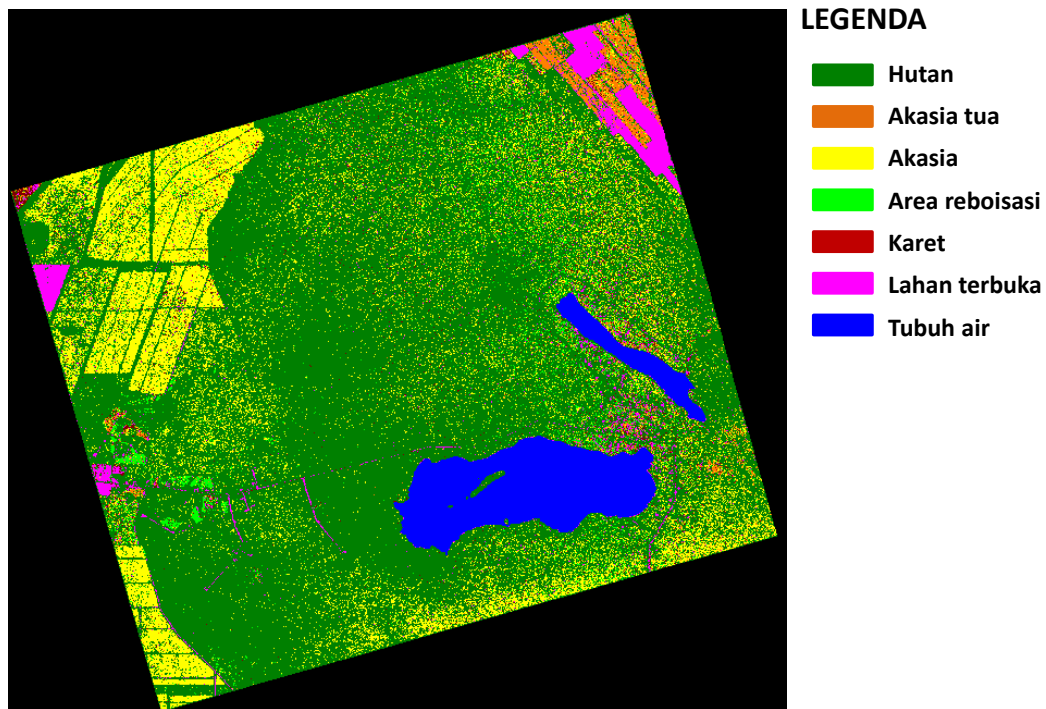
Selanjutnya resolusi spasial data PiSAR-L2 diturunkan menjadi 10 meter dengan melakukan *resampling* data

dengan metode *Nearest Neighbor*, dan melakukan klasifikasi dengan sampel masukan, jumlah *band* yang digunakan, dan metode yang sama. Hasil klasifikasi penutup lahan menggunakan PiSAR-L2 dengan resolusi spasial 10 meter diperlihatkan pada Gambar 3-2 Hasil klasifikasi memperlihatkan bahwa piksel bercampur berkurang secara signifikan terutama pada kelas hutan dan perkebunan akasia. Bahkan piksel bercampur pada bagian tengah yang disebabkan oleh *noise* sangat berkurang.

Pada proses *resampling* dilakukan penggabungan beberapa piksel yang berdekatan dan memberi nilai piksel tersebut dengan rata-rata nilai piksel yang digabung, proses ini mempunyai efek yang sama dengan proses *filtering* atau *smoothing*, sehingga dapat mengurangi jumlah piksel bercampur pada hasil klasifikasi.



Gambar 3-1: Hasil klasifikasi penutup lahan berbasis piksel dengan MLEN untuk data PiSAR-L2 resolusi spasial 2,5 meter



Gambar 3-2: Hasil klasifikasi penutup lahan berbasis piksel dengan MLEN untuk data PiSAR-L2 resolusi spasial 10 meter

Tabel 3-1: HASIL UJI AKURASI KLASIFIKASI BERBASIS PIKSEL UNTUK CITRA PALSAR-2

Pengujian	1	2	3	4	5	6	Rata-rata
Hasil Klasifikasi dengan Resolusi Spasial 2.5 meter							
Overall Accuracy	56,8%	69,1%	65,7%	57,4%	59,3%	63,8%	62,0%
Kappa Statistic	0,361	0,559	0,503	0,378	0,413	0,481	0,449
Hasil Klasifikasi dengan Resolusi Spasial 10 meter							
Overall Accuracy	80,0%	56,9%	82,2%	82,1%	81,6%	84,4%	82,9%
Kappa Statistic	0,633	0,777	0,697	0,667	0,665	0,734	0,696

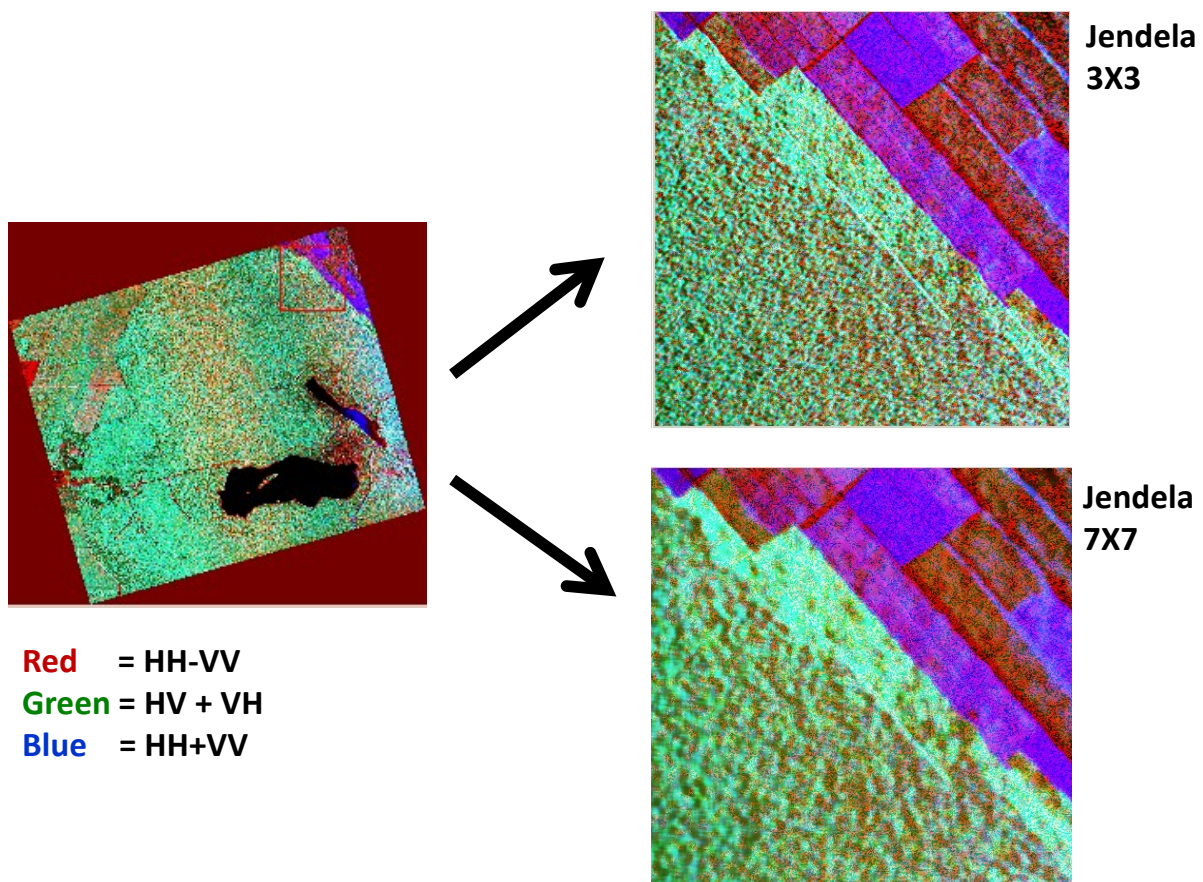
Dengan membandingkan hasil klasifikasi penutup lahan dari data PiSAR-L2 untuk resolusi spasial 2,5 meter dan resolusi spasial 10 meter, maka dapat diketahui bahwa hasil klasifikasi menggunakan resolusi spasial 2,5 meter menghasilkan informasi obyek yang detil tapi mempunyai banyak piksel bercampur terutama pada kelas hutan dan perkebunan akasia. Sementara hasil klasifikasi menggunakan resolusi spasial 10 meter mempunyai ketelitian

yang lebih rendah tapi dapat mengurangi jumlah piksel bercampur. Pengujian akurasi menggunakan metode *confusion matrix* (Tabel 3-1) memperlihatkan bahwa rata-rata *overall accuracy* dari hasil klasifikasi menggunakan data dengan resolusi spasial 2,5 meter adalah sebesar 62%, sedangkan hasil klasifikasi menggunakan data dengan resolusi spasial 10 meter mempunyai akurasi yang lebih tinggi sebesar 83%.

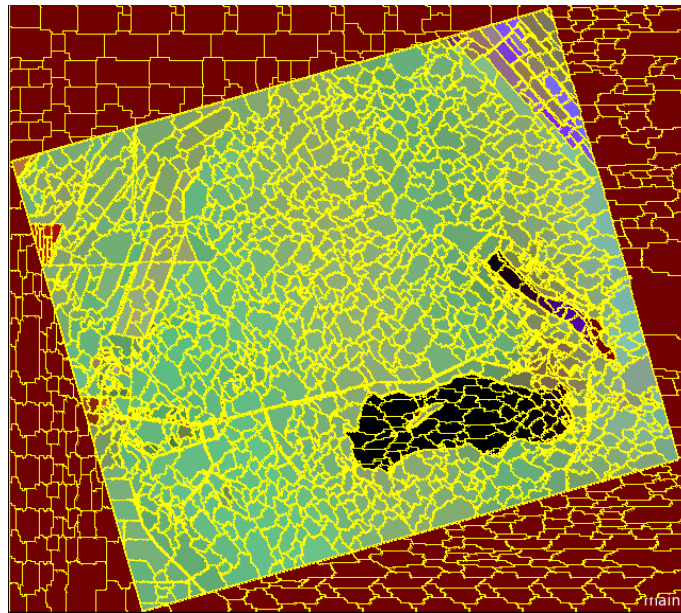
3.2 Perbandingan Hasil Klasifikasi Berbasis Pikel dan Klasifikasi Berbasis Obyek

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari kajian pengaruh resolusi spasial terhadap hasil klasifikasi, maka perbandingan hasil klasifikasi penutup lahan berbasis piksel dan berbasis obyek dilakukan dengan menggunakan data PiSAR-L2 yang telah di *resampling* menjadi resolusi spasial 10 meter. Citra yang dihasilkan dari proses dekomposisi citra menggunakan metode dekomposisi Pauli (Sutanto *et al.*, 2014) selanjutnya difilter menggunakan filter Lee dengan jendela 3×3 dan 7×7 . Hasil filter dengan jendela 3×3 menunjukkan obyek yang jelas dan batas yang tajam dibandingkan dengan hasil filter dengan jendela 7×7 yang menunjukkan obyek dan batas yang kurang tajam (Gambar 3-3), sehingga pada tahap berikutnya digunakan citra yang dihasilkan dari dekomposisi citra dengan jendela 3×3 .

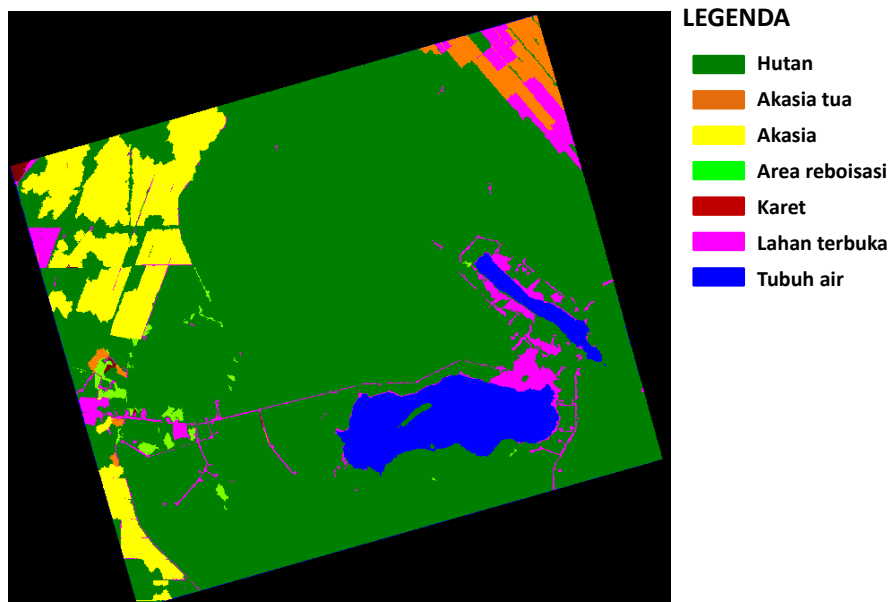
Selanjutnya dilakukan segmentasi dengan menggunakan metode MRS dengan konfigurasi parameter untuk proses segmentasi adalah: *scale* 40, *colour* 0,5 dan *shape* 0,5. Konfigurasi ini adalah konfigurasi terbaik setelah melakukan beberapa segmentasi dengan menggunakan konfigurasi yang berbeda dan menguji secara visual terhadap obyek di citra. Selanjutnya melakukan klasifikasi terhadap segmen-segmen yang dihasilkan dengan menggunakan metode SVM dengan kernel radial basis *function*. Gambar 3-4 memperlihatkan hasil segmentasi citra dengan metode MRS, dan Gambar 3-5 memperlihatkan hasil klasifikasi penutup lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis obyek dengan MRS dan SVM untuk data PiSAR-L2 resolusi spasial 10 meter, menggunakan 6 *band input* (3 *band* polarisasi awal dan 3 *band* tekstur).



Gambar 3-3: Perbandingan hasil filter Lee berbeda ukuran jendela pada citra PiSAR-L2 hasil dekomposisi Pauli



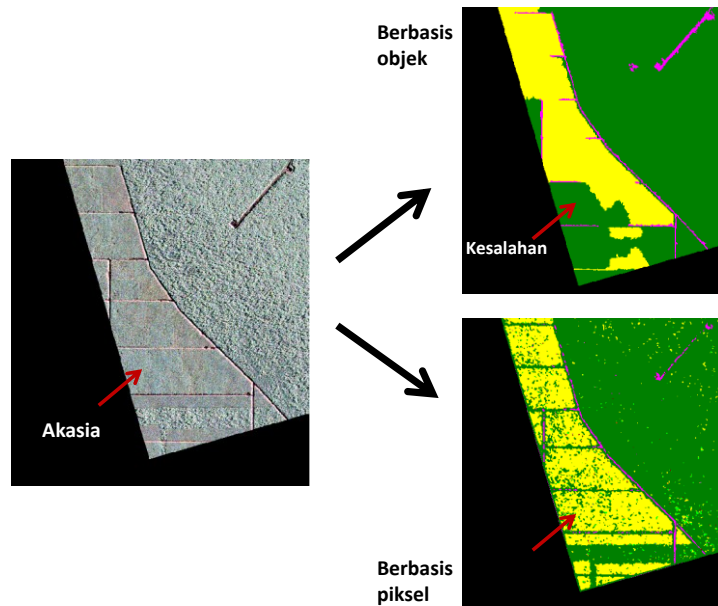
Gambar 3-4: Hasil segmentasi dengan metode MRS (*scale* 40, *colour* 0,5 dan *shape* 0,5)



Gambar 3-5: Hasil klasifikasi penutup lahan berbasis obyek dengan MRS dan SVM untuk data PiSAR-L2 resolusi spasial 10 meter

Hasil klasifikasi berbasis obyek memperlihatkan tidak terjadinya piksel bercampur di dalam setiap kelas seperti yang terjadi pada hasil klasifikasi berbasis piksel. Batas semua kelas terlihat jelas dan tajam. Kelas tubuh air, lahan terbuka, karet, dan akasia tua menghasilkan pemisahan yang baik, tetapi masih terdapat kesalahan pengkelasan pada hutan, perkebunan akasia dan area reboisasi. Beberapa wilayah yang seharusnya adalah kelas perkebunan akasia (kuning) dipetakan sebagai kelas hutan (hijau) seperti pada

Gambar 3-6, dan di tempat lain wilayah yang seharusnya adalah area reboisasi dipetakan sebagai kelas hutan. Hasil pengujian akurasi terhadap penutup lahan yang dibuat dengan metode klasifikasi berbasis obyek sangat tinggi mencapai 97% (κ statistik 0,956) berbanding dengan hasil klasifikasi berbasis piksel. Walaupun begitu perbedaan tingkat akurasi ini masih bisa diperdebatkan karena sangat dipengaruhi oleh pemilihan lokasi sampel pengujian yang digunakan.



Gambar 3-6: Kesalahan kelas yang terjadi pada hasil klasifikasi berbasis objek

Tabel 3-2: HASIL UJI AKURASI KLASIFIKASI BERBASIS OBYEK UNTUK CITRA PiSAR-L2.

Pengujian	1	2	3	4	5	6	Rata-rata
Hasil Klasifikasi dengan Resolusi Spasial 2.5 meter							
<i>Overall Accuracy</i>	99,8%	98,8%	96,5%	97,1%	95,2%	99,5%	97,8%
<i>Kappa Statistic</i>	0,999	0,979	0,933	0,936	0,898	0,990	0,956

Perbandingan antara hasil klasifikasi berbasis piksel dan klasifikasi berbasis objek memperlihatkan bahwa klasifikasi berbasis objek mempunyai kelebihan dengan homogenitas objek yang tinggi (tidak adanya piksel bercampur), batas antara kelas yang tajam dan jelas, serta hasil pengujian akurasi yang di atas 90%. Walaupun begitu masih dijumpai adanya kesalahan kelas pada klasifikasi berbasis objek antara hutan, perkebunan akasia, dan area reboisasi. Berkaitan dengan kesalahan kelas ini maka klasifikasi berbasis piksel lebih bisa mengidentifikasi objek secara lebih baik walaupun banyak terjadi piksel bercampur, seperti diperlihatkan pada Gambar 3-6.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Data PiSAR-L2 yang direkam dengan *airborne SAR L-band* digunakan untuk klasifikasi penutup lahan di

wilayah hutan Provinsi Riau dengan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel dan berbasis objek, hasil memperlihatkan bahwa Data PiSAR-L2 dapat digunakan untuk memetakan penutup lahan dengan cukup akurat menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel (akurasi 83%) dan metode klasifikasi berbasis objek (akurasi 97%) untuk resolusi spasial 10m.

Dibandingkan dengan klasifikasi berbasis piksel, klasifikasi berbasis objek mempunyai kelebihan dengan homogenitas kelas yang tinggi (tidak adanya piksel bercampur), batas antara kelas yang tajam dan jelas, serta akurasi yang tinggi, walau masih dijumpai adanya kesalahan pada beberapa kelas penutup lahan. Klasifikasi penutup lahan berbasis objek dengan metode MRS dan SVM menjadi pilihan metode yang dapat digunakan untuk memetakan penutup lahan di wilayah hutan secara akurat menggunakan data PALSAR-2,

walau masih perlu dikaji cara untuk meminimalisir terjadinya kesalahan kelas penutup lahan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada JAXA yang telah menyediakan data PiSAR-L2 dan data hasil *survey* lapangan di daerah kajian. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada LAPAN, BPPT, dan KemenRistek yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR RUJUKAN

- eoPortal Directory [https:// directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aalos-2](https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aalos-2).
- JAXA, 2008. *ALOS User Handbook*. NDX-070015, EORC-JAXA.
- JAXA, RISTEK, BPPT, 2012. *JAXA-RISTEK-BPPT-LAPAN-BIG Joint Airborne Synthetic Aperture Radar Campaign in Indonesia for Forest Carbon Monitoring, Ship Detection, Disaster Monitoring, Geometric Evaluation, and Crop Monitoring*, JAXA/EORC.
- Lehmann, E. A., Caccetta P.A., Zhou Z.S., McNeill S.J., Wu X., Mitchell A.L., 2012. *Joint Processing of Landsat and ALOS-PALSAR Data for Forest Mapping and Monitoring*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 50(1), 55-67.
- Li, H.T., Gu H.Y., Han Y.S., Yang J.H., 2008. *Object-oriented Classification of Polarimetric SAR Imagery based on Statistical Region Merging and Support Vector Machine*, International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications.
- Lopez, A., Touzi, R., and Nezry, E., 1990. *Adaptive Speckle Filters and Scene Heterogeneity*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28(6), 992-100.
- Noviar, H., dan Trisakti, B., 2013. *Pemanfaatan Kanal Polarisasi dan Kanal Tekstur Data PiSAR-L2 Untuk Klasifikasi Penutup Lahan Kawasan Hutan dengan Metode Klasifikasi Terbimbing* < Jurnal Penginderaan Jauh, 10(1), 47-58.
- Raimadoya, M.A., Trisasongko B.H., dan Nurwadjadi, 2007. *Eksplorasi Citra Radar untuk Intelijen Ketahanan Pangan*, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Institut Pertanian Bogor.
- Sambodo, K.A., Teguh K., dan Santoso H., 2005. *Klasifikasi Data Polarimetrik RADAR Dengan Menggunakan Metode Dekomposisi Cloude and Pottier*, Prosiding MAPIN XIV, halaman 79-84, Surabaya, Indonesia.
- Sgrenzaroli, M., 2004. *Tropical Forest Mapping at Regional Scale using the GRFM SAR mosaics over The Amazon in South America*, Ph.D. Thesis Wageningen University.
- Shimada, M., Isoguchi O., Tadono T., and Isono K., 2009. *PALSAR Radiometric and Geometric Calibration*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 47(12), 3915-3931.
- Shimada, M., Kawano N., Watanabe M., Motohka T., and Ohki M., 2012. *Calibration and Validation of the PiSAR-L2*, In: Proceeding of 53rd Autumn Conference of the Remote Sensing Society of Japan 37-38.
- Shimada, M., Watanabe M., Motohka T., Shiraishi T., Thapa R.B., Kawano N., Uttank A., Sadly M., and Rahman A., 2014. *Final Report on Japan-Indonesia PiSAR-L2 Campaign "Japan-Indonesia PiSAR-L2 Campaign 2012"*, JAXA-RISTEK-BPPT.
- Shimada, M., Watanabe M., Motoooka T., Shiraishi T., Thapa R., Kawano N., Ohki M., Uttank A., Sadly M., and Rahman A., 2013. *Japan - Indonesia Pi-Sar-L2 Campaign 2012*, Proceedings of 34th. Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2013), Bali Indonesia.
- Sutanto, A., Trisakti B., dan Arimurthy A.M., 2014. *Perbandingan Klasifikasi Berbasis Obyek dan Klasifikasi Berbasis Piksel pada Data Citra Satelit Synthetic Aperture Radar untuk Pemetaan Lahan*. Jurnal Penginderaan Jauh 11(1), 63-75.
- Trisakti, B., dan Hamzah R., 2013. *Utilization of Multi Temporal SAR Data for Forest Mapping Model Development, International*, Journal of Remote Sensing and Earth Sciences, 10(1), 65-74.
- Watanabe, M., Motohka T, Shiraishi T., Thapa R.B., Kawano N., and Shimada M., 2013. *Correlation between Forest Biomass and Full Polarimetric Parameters Derived from PiSAR-L2 Data for a Site in Riau, Indonesia*. In: Proceedings of 34th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2013), Bali Indonesia.

Pedoman Penulisan Jurnal Penginderaan Jauh)
JUDUL MAKALAH DITULIS DENGAN HURUF KAPITAL TEBAL
SECARA SINGKAT DAN JELAS, (Studi Kasus : apabila ada)
(16 pt, Britannic Bold)

Judul dibuat dalam 2 bahasa (Indonesia dan Inggris), apabila tulisan dalam bahasa Indonesia, maka judul dalam bahasa Inggris ditulis dalam tanda kurung
(16 pt, Britannic Bold)

Penulis Pertama¹, Penulis Kedua², dstⁿ ← (Nama Penulis Tanpa gelar)
(10,5 pt, Franklin Gothic Medium, bold)

¹Instansi Penulis Pertama

²Instansi Penulis Kedua

dstⁿ....

(10,5 pt, Franklin Gothic Medium)

e-mail: e-mail penulis pertama ← (berwarna hitam)
(10,5 pt, Franklin Gothic Medium)

Diterima : (tanggal bulan tahun); Disetujui : (tanggal bulan tahun); Diterbitkan : (tanggal bulan tahun)
(9 pt, Franklin Gothic Medium)

ABSTRACT

(10,5 pt, Bookman Old Style, bold)

Abstract is a summary of the most important elements of the paper, written in one paragraph in the one column of a maximum of 200 words. Abstract made in two languages written with the Bookman Old Style 9 pt. If the paper written in Indonesian, the Indonesian abstract written first then followed by English abstract and vice versa. The title "ABSTRAK" or "ABSTRACT" made with uppercase letters, and bold.

Keywords: *guidence, author, journal* ← (minimal 3 keywords)
(9pt, Bookman Old Style, italic)

ABSTRAK

(10,5 pt, Bookman Old Style, bold)

Abstrak merupakan ringkasan elemen-elemen terpenting dari naskah, ditulis dalam satu paragraf dalam 1 kolom maksimal 200 kata. Abstrak dibuat dalam 2 bahasa ditulis dengan huruf 9 pt, Bookman Old Style. Apabila naskah dalam Bahasa Indonesia, maka abstrak dengan Bahasa Indonesia ditulis terlebih dahulu dilanjutkan abstrak Bahasa Inggris dan sebaliknya. Judul "ABSTRAK" atau "ABSTRACT" dibuat dengan huruf besar, *bold*.

Kata kunci: *panduan, penulis, jurnal* ← (minimal 3 kata kunci)
(9pt, Bookman Old Style, italic)

1 PENDAHULUAN

(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Naskah diketik dalam Microsoft

Word dengan 1 kolom untuk abstrak dan 2 kolom untuk isi. Ukuran kertas A4 dengan ukuran panjang (*height*) 29,7 cm, lebar (*width*) 21 cm dengan dimensi *Top* 3 cm, *Bottom* 2,5 cm, *Inside* 2,5 cm, *Outside* 2 cm, *Gutter* 1 cm, *Header* 1

cm dan *Footer* 1 cm. Jenis Huruf Bookman Old Style 10,5 pt, dan spasi (*line spacing*) 1. Panjang naskah tidak melebihi 10 halaman termasuk tabel dan gambar.

Kerangka Tulisan disusun dengan urutan : Judul, Identitas Penulis, Abstrak, Kata Kunci, Pendahuluan, Metode, Hasil Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terimakasih, dan Daftar Pustaka.

2 METODOLOGI

(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

Menguraikan tentang metode yang digunakan dalam penelitian termasuk data, peralatan, teori, diagram alir, beserta lokasi penelitian.

2.1 Lokasi dan Data

(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

2.2 Standarisasi data

(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

2.3 Metode Penelitian

(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

Persamaan matematis atau formula diberi nomor secara berurutan yang diletakkan di ujung kanan dalam tanda kurung. Apabila penulisan persamaan lebih dari satu baris maka penulisan nomor diletakkan pada baris terakhir. Penggunaan huruf sebagai simbol matematis dalam naskah ditulis dengan huruf miring (*Italic*) seperti x . Penjelasan persamaan diulas dalam naskah. Penurunan persamaan matematis atau formula tidak perlu dituliskan secara detil, cukup diberikan bagian yang terpenting, metode yang digunakan dan hasilnya.

$$D(t) = \Delta H(t) - Sq(t, m) \quad (1-1)$$

dengan $D(t)$ tingkat gangguan geomagnet, $\Delta H(t)$ variasi medan magnet komponen horizontal, $Sq(t, m)$ variasi hari tenang pada waktu t dan bulan m .

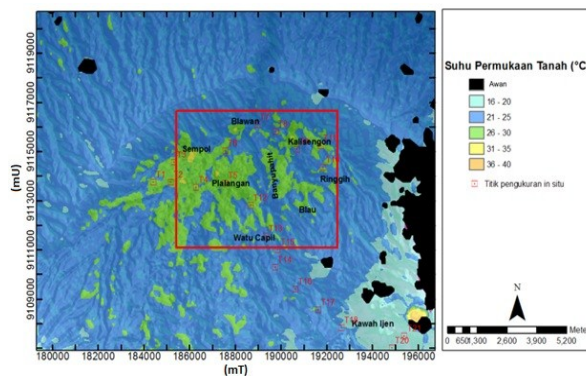
3 HASIL PEMBAHASAN

(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

Tabel dibuat ringkas dan diberi judul yang singkat tetapi jelas hanya menyajikan data yang esensial dan mudah dipahami. Tabel diberi catatan secukupnya, termasuk sumbernya, sehingga tabel mampu menjelaskan informasi yang disajikan secara mandiri. Setiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam naskah. Judul tabel diketik dengan jenis huruf Bookman Old Style 10,5 pt dan pada tulisan "Tabel 1:" "Tabel 2:" dan seterusnya diketik tebal.

Tabel yang ukurannya melebihi satu kolom, maka dapat menempati area dua kolom. Tabel tidak boleh dalam bentuk "picture", harus dalam bentuk tabel. Judul tabel dituliskan pada bagian atas tabel, rata tengah dan diberi tanda titik (.) pada akhir judul tabel.

Gambar, Grafik dan Foto harus tajam dan jelas agar cetakan berkualitas baik. Semua simbol di dalamnya harus dijelaskan. Seperti halnya tabel, keterangan pada gambar, grafik atau foto harus mencukupi agar tersaji secara mandiri. Gambar, grafik dan foto harus diulas di dalam naskah. Seperti halnya tabel, gambar, grafik dan foto yang ukurannya melebihi satu kolom, maka dapat menempati area dua kolom. Gambar, grafik dan foto memiliki kedalaman minimal 300 dpi.



Gambar 3-5: Suhu permukaan tanah Kompleks Ijen dan fokus daerah penelitian (kotak merah) berdasarkan citra thermal Landsat 8 OLI 8 Mei 2015 dan 21 titik pengukuran di lapangan

(9 pt, Bookman Old Style, bold)

Tabel 2-2: SATURASI RADIANSI TIRS DAN SPESIFIKASI NOISE-EQUIVALENT-CHANGE-IN-TEMPERATURE (NEAT) (IRON *et al.*, 2012)

(9 pt, Bookman Old Style, bold)

Kanal	Saturasi temperature	Saturasi radians	NEAT pada 240 K	NEAT pada 300 K	NEAT pada 360 K
10	360 K	20,5 W/m ² sr μm	0,80 K	0,4 K	0,27 K
11	360 K	17,8 W/m ² sr μm	0,71 K	0,4 K	0,29 K

4 KESIMPULAN

Hal-hal penting dalam naskah yang merupakan kesimpulan dari hasil penelitian atau kajian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Wajib dituliskan penulis, ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis baik penyediaan data, pengerjaan data, serta Tim Redaksi Jurnal Geomatika dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

Referensi hendaknya dari sumber yang jelas dan terpercaya. Setiap referensi yang tercantum dalam daftar pustaka harus dikutip (disitir) pada naskah dan sebaliknya setiap kutipan harus tercantum dalam daftar pustaka. Penulisan acuan dalam pembahsan sebaiknya menggunakan “sistem penulis-tahun” yang mengacu pada karya pada daftar pustaka. Kutipan buku dalam bentuk saduran untuk satu sampai dua penulis ditulis nama akhir penulis dan tahun. Contoh: Muhammad Nasir dituliskan (Nasir, 2009).

Referensi primer lebih dari 80 % dan diterbitkan dalam 5-10 tahun terakhir. Referensi yang dicantumkan dalam naskah mengikuti pola baku dengan disusun menurut abjad berdasarkan nama (keluarga) penulis pertama dan tahun publikasi, dengan sistim sitasi *American Physiological Association 6th Edition*. Contoh penulisan di dalam Daftar Pustaka adalah sebagai berikut :

Artikel dalam Jurnal (Jurnal Primer)

Afandi, A., Maryanto, S., dan Rachmansyah, A. 2013. *Identifikasi Reservoar Panasbumi Dengan Metode Geomagnetik Daerah Blawan Kecamatan Sempol Kabupaten*

Bondowoso, Journal Neutrino Vol. 6, No. 1, October 2013.

Buku

Bergen, M.J., Bernard, A., Sumarti, S., Sriwana, T., dan Sitorus, K. 2000. *Crater Lakes of Java: Dieng, Kelud and Ijen*, Excursion Guidebook IAVCEI General Assembly, Bali.

Artikel bagian dari Buku

Massinai, M.A., Rusman, S., dan Syamsuddin. 2014. *Struktur Geologi Sulawesi Barat Ditinjau dari Kelurusan Geomorfologi Regional*, Proceeding Seminar Nasional Geofisika 2014, Makassar, 13 September 2014.

Skripsi/Tesis/Disertasi

Ameldam, P., 2012. *Pengujian Data NCEP-FNL Dan CCMP Untuk Potensi Energi Angin (Studi Kasus Di Jawa Barat)*, Skripsi ITB.

Naskah Prosiding

Utama, A.P., Dwinanto, A., Situmorang, J., Hikmi, M., dan Irshamukhti, R. 2012. *Green Field Geothermal System in Java, Indonesia*, Proceedings 1st ITB Geothermal Workshop 2012 at Bandung, Indonesia, 6-8 Maret 2012.

Naskah Konferensi

Pontes, M-T, Sempreviva, AM, Barthelmie, R., Giebel, G., Costa, P., 2007. *Integrating Offshore Wind And Wave Resource Assessment*, Proc. 7th European Wave and Tidal Energy Conference, Porto, Portugal.

Naskah Laporan Hasil Penelitian

P3TKEBTKE-Kementerian ESDM, 2008. *Laporan Penelitian Kajian PLT Angin di Indonesia Bagian Timur*.

Naskah Online

Habby, J., 2011. *Applying Tropospheric Moisture to Forecasting, Meteorology Education*, diakses <http://weatherprediction.com>, 23 Desember 2014.

PEDOMAN BAGI PENULIS
JURNAL PENGINDERAAN JAUH DAN PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL
(*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*)

Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital adalah jurnal ilmiah untuk publikasi penelitian dan pengembangan di bidang teknologi dan aplikasi penginderaan jauh.

Penulis diundang untuk mengirimkan naskah atau karya asli hasil penelitian, pengembangan, dan atau pemikiran yang belum dipublikasikan atau dikirimkan ke media publikasi manapun. Penulis boleh mengusulkan penelaah ahli di luar Dewan Penyunting, yang dianggap memahami betul substansi naskah yang dikirim. Naskah yang dikirim akan dievaluasi secara anonim oleh dua atau tiga penelaah ahli dan/atau Dewan Penyunting dari segi keaslian (orisinalitas), kesahihan (validitas) ilmiah, dan kejelasan pemaparan. Penulis berhak menanggapi hasil evaluasi, sedangkan Dewan Penyunting berhak menerima atau menolak serta menyempurnakan naskah tanpa mengurangi isi/maknanya. Naskah yang tidak dimuat, dikembalikan kepada penulis dengan alasan penolakannya. Penulis yang naskahnya dimuat mendapat 3 (tiga) eksemplar dari nomor yang diterbitkan, dan naskah yang ditulis kolektif, hanya diberikan 2 (dua) eksemplar untuk masing-masing penulis. Ketentuan bagi penulis pada jurnal ini adalah sebagai berikut.

a. Pengiriman naskah

Naskah diketik dengan MS Word menggunakan Bookman Old Styles font 11 pt, ukuran A4 dengan spasi ganda, maksimal 20 halaman. Khusus untuk judul naskah ditulis huruf besar dengan font 16 pt. Naskah dikirim melalui e-mail ke Sektetariat Redaksi (humas@lapan.go.id; pukasi.lapan@gmail.com) atau file digital diserahkan kepada Sekretariat Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital (LAPAN, Jl. Pemuda Persil No. 1 Rawamangun Jakarta Timur).

b. Sistematika penulisan

Naskah terdiri dari halaman judul dan isi makalah. Halaman judul berisi judul yang ringkas tanpa singkatan, nama (para) penulis tanpa gelar, alamat instansi, dan e-mail penulis utama. Halaman isi makalah terdiri atas (a) judul dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, (b) abstrak dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris maksimum 200 kata yang tersusun dalam satu alinea, (c) kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, (d) batang tubuh naskah, terdiri dari Pendahuluan, Data/Metode/Teori, Hasil Pembahasan, Implementasi (jika ada), Kesimpulan dan Saran, (e) Ucapan terima kasih (bila perlu) yang lazim, serta (f) daftar rujukan.

c. Gambar dan Tabel

Gambar atau foto harus dapat direproduksi dengan tajam dan jelas. Gambar atau foto warna hanya diterima dengan pertimbangan khusus. Gambar dan tabel dapat dimasukkan ke dalam batang tubuh atau dalam lampiran tersendiri. Untuk kejelasan penempatan dalam jurnal, gambar dan tabel harus diberi nomor sesuai nomor bab dan nomor urut pada bab tersebut, misalnya Gambar 2-2 atau Tabel 2-1 yang disertai keterangan singkat gambar dan judul dari tabel yang bersangkutan.

d. Persamaan, Satuan, dan Data Numerik

Persamaan diketik atau ditulis tangan (untuk simbol khusus) dan diberi nomor di sebelah kanannya sesuai nomor bab dan nomor urutnya, misalnya persamaan (1-2). Satuan yang digunakan adalah satuan internasional atau yang lazim pada cabang ilmunya. Karena terbit dengan dua bahasa, angka desimal data numerik pada tabel dan gambar harus mengacu pada sistem internasional dengan menggunakan titik, sedangkan pada naskah tetap menggunakan ketentuan menurut bahasanya.

e. Rujukan

Sesuai dengan ketentuan yang berlaku jumlah rujukan dalam naskah minimal 10 (sepuluh) dengan 80% adalah rujukan terkini. Rujukan di dalam naskah ditulis dengan (nama, tahun) atau nama (tahun), misalnya (Hachert and Hastenrath, 1986). Lebih dari dua penulis ditulis “*et al.*”, misalnya Milani *et al.* (1987). Daftar rujukan hanya mencantumkan makalah/buku atau literatur lainnya yang benar-benar dirujuk di dalam naskah. Daftar rujukan disusun secara alfabetis tanpa nomor. Nama penulis ditulis tanpa gelar, disusun mulai dari nama akhir atau nama keluarga diikuti tanda koma dan nama kecil, antara nama-nama penulis digunakan tanda titik koma. Rujukan tanpa nama penulis, diupayakan tidak ditulis ‘anonim’, tetapi menggunakan nama lembaganya, termasuk rujukan dari internet. Selanjutnya tahun penerbitan diikuti tanda titik. Penulisan rujukan untuk tahun publikasi yang sama (yang berulang dirujuk) ditambahkan dengan huruf a, b, dan seterusnya di belakang tahunnya. Rujukan dari situs web dimungkinkan, dengan menyebutkan tanggal pengambilannya. Secara lengkap contoh penulisan rujukan adalah sebagai berikut.

Escudier, P., 1984. *Use of Solar and Geomagnetic Activity for Orbit Computation*, in Mountenbruck (Ed.). *Solar Terrestrial Predictions: Proceeding of a workshop at Meudon, France, June 12.*

Mummy P.J. and A.J. Edwards, 2002. *Mapping Marine Environments with IKONOS Imagery: Enhanced Spatial Resolution Can Deliver Greater Thematic Accuracy*, *Remote Sens. of Environment*, Vol. 82, No.2-3, pp.248-257.

Milani, A; Nobili, A.M.; and P. Farinella, 1987. *Non-gravitational Perturbations and Satellite Geodesy*, Adam Higler Bristol Publishing, Ltd.

UCAR, 1999. *Orbital Decay Prediction*, <http://windows.ucar.edu>, download September 2004.