

### **DAFTAR ISI**

#### **Halaman**

- PENERAPAN ALGORITMA SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) UNTUK KLASIFIKASI LAMUN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT WORLDVIEW-2 (SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) ALGORITHM APPLICATION FOR SEAGRASS CLASSIFICATION USING WORLDVIEW-2 SATELLITE IMAGERY)  
**Nunung Noer Aziizah, Vincentius Paulus Siregar, dan Syamsul Bahri Agus** 61 – 72
- MODEL PELAKSANAAN DISEMINASI INFORMASI PENGINDERAAN JAUH BERBASIS TEKNOLOGI TERBUKA (REFERENCE IMPLEMENTATION OF REMOTE SENSING INFORMATION DISSEMINATION BASED ON OPEN TECHNOLOGY)  
**Sarno** 73 – 84
- KLASIFIKASI PENUTUP/PENGGUNAAN LAHAN DENGAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH HIPERSPEKTRAL (HYPERION) MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK TIRUAN (LAND-USE/LAND-COVER CLASSIFICATION WITH HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING SATELLITE DATA USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD)  
**Dony Kushardono** 85 – 96
- METODE PENENTUAN TITIK KOORDINAT ZONA POTENSI PENANGKAPAN IKAN PELAGIS BERDASARKAN HASIL DETEKSI TERMAL FRONT SUHU PERMUKAAN LAUT (METHOD OF DETERMINATION POINTS COORDINATE FOR POTENTIAL FISHING ZONE BASED ON DETECTION OF THERMAL FRONT SEA SURFACE TEMPERATURE)  
**Rossi Hamzah, Teguh Prayogo, dan Sartono Marpaung** 97 – 108
- ALGORITMA DUA DIMENSI UNTUK ESTIMASI MUATAN PADATAN TERSUSPENSI MENGGUNAKAN DATA SATELIT LANDSAT-8, STUDI KASUS: TELUK LAMPUNG (TWO DIMENSIONAL ALGORITHM FOR ESTIMATING TOTAL SUSPENDED SOLIDS USING LANDSAT-8 SATELLITE DATA CASE STUDY: LAMPUNG BAY)  
**Muchlisin Arief, Syifa W. Adhawiyah, Maryani Hartuti, dan Ety Parwati** 109 – 120

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 dan SIG 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, [atas]** Sebagian citra satelit resolusi tinggi sebagai referensi (Sumber: Google Earth); **[bawah] [a]** Citra batas administrasi Provinsi Lampung, **[b]** Citra RGB LDCM Landsat-8 tanggal 3 Juni 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>

### 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. 2, Desember 2016 hadir ke hadapan sidang pembaca.

Terbitan kali ini mengetengahkan 5 (lima) artikel yang ditulis oleh para peneliti bidang penginderaan jauh, yaitu: Nunung Noer Aziizah, Vincentius Paulus Siregar, dan Syamsul Bahri Agus menulis "Penerapan Algoritma Spectral Angle Mapper (SAM) untuk Klasifikasi Lamun Menggunakan Citra Satelit Worldview-2 (Spectral Angle Mapper (SAM) Algorithm Application for Seagrass Classification using Worldview-2 Satellite Imagery)". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran spektral lamun berdasarkan pengukuran *in situ* dan analisis citra satelit, memetakan lamun hingga tingkat spesies berdasarkan pustaka spektral pengukuran *in situ* dengan penerapan algoritma SAM dan menguji tingkat akurasinya.

"Model Pelaksanaan Diseminasi Informasi Penginderaan Jauh Berbasis Teknologi Terbuka (Reference Implementation of Remote Sensing Information Dissemination Based on Open Technology)". Merupakan artikel kedua ditulis oleh Sarno. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model pelaksanaan diseminasi informasi penginderaan jauh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah purwarupa dengan teknologi terbuka.

Artikel ketiga adalah "Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan Dengan Data Satelit Penginderaan Jauh Hiperspektral (Hyperion) Menggunakan Metode Neural Network Tiruan (Land-Use/Land-Cover Classification with Hyperspectral Remote Sensing Satellite Data using Artificial Neural Networks Method)", ditulis oleh Dony Kushardono. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *back propagation neural network* untuk klasifikasi LULC dengan data penginderaan jauh hiperspektral. *Neural network* yang dipergunakan 3 lapis, dimana untuk uji coba lapis masukan memiliki jumlah *neuron* sebanyak 242 untuk mengolah seluruh *band*, 163 *neuron*, dan 50 *neuron* untuk mengolah data *band* yang memiliki nilai digital rata-rata yang tinggi, dan data *band* pada panjang gelombang cahaya tampak hingga infra merah dekat.

Rossi Hamzah, Teguh Prayogo, dan Sartono Marpaung menulis "Metode Penentuan Titik Koordinat Zona Potensi Penangkapan Ikan Pelagis Berdasarkan Hasil Deteksi Termal Front Suhu Permukaan Laut (Method of Determination Points Coordinate for Potential Fishing Zone Based on Detection of Thermal front Sea Surface Temperature). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan titik koordinat ZPPI berdasarkan hasil deteksi termal *front* suhu permukaan laut. Untuk menentukan titik koordinat dilakukan segmentasi hasil deteksi sesuai ukuran *fishnet grid*.

Artikel terakhir "Algoritma Dua Dimensi untuk Estimasi Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Satelit Landsat-8, Studi Kasus: Teluk Lampung (Two Dimensional Algorithm for Estimating Total Suspended Solids using Landsat-8 Satellite Data Case Study: Lampung Bay)", ditulis oleh Muchlisin Arief, Syifa W. Adhawiyah, Maryani Hartuti, dan Ety Parwati. Agar supaya dapat mengekstraksi informasi MPT, maka data satelit perlu divalidasi dengan pengukuran *in situ* yaitu membuat hubungan antara reflektansi *band* dengan konsentrasi MPT hasil pengukuran.

Sidang pembaca yang budiman,

Demikianlah kelima artikel yang kami sajikan dalam Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 13, No. 2, Desember 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.

Jakarta, Desember 2016  
Redaksi

**JURNAL**  
**PENGINDERAAN JAUH & PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL**  
*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*

ISSN 1412 - 8098

Vol. 13 No. 1, Juni 2016

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

**ABSTRAK**

**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; Arief Rachmansyah  
J. INDERAJA, 13 (1) 2016: 1 - 12**

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*

**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  
J. INDERAJA, 13 (1) 2016: 13 - 22**

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*

**JURNAL**  
**PENGINDERAAN JAUH & PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL**  
*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*

ISSN 1412 - 8098

Vol. 13 No. 1, Juni 2016

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

**ABSTRAK**

**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**  
**J. INDERAJA, 13 (1) 2016: 23 - 34**

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*

**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<sup>2</sup>**  
**J. INDERAJA, 13 (1) 2016: 35 - 48**

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*

**JURNAL**  
**PENGINDERAAN JAUH & PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL**  
*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*

ISSN 1412 – 8098

Vol. 13 No. 1, Juni 2016

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

**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 Manalu; Ahmad Sutanto; dan Bambang Trisakti  
J. INDERAJA, 13 (1) 2016: 49 - 60**

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*

**JURNAL**  
**PENGINDERAAN JAUH & PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL**  
*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*

ISSN 1412 - 8098

Vol. 13 No. 2, Desember 2016

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

**ABSTRAK**

**PENERAPAN ALGORITMA SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) UNTUK KLASIFIKASI LAMUN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT WORLDVIEW-2 = SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) ALGORITHM APPLICATION FOR SEAGRASS CLASSIFICATION USING WORLDVIEW-2 SATELLITE IMAGERY/**  
Nunung Noer Aziizah; Vincentius Paulus Siregar; Syamsul Bahri Agus  
**J. INDERAJA, 13 (2) 2016: 61 - 72**

Pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh (*remote sensing*) sangat berkembang untuk identifikasi dan memantau sumberdaya alam wilayah pesisir, seperti lamun. Di Indonesia khususnya pemetaan lamun memanfaatkan pustaka spektral dari spektrometer belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran spektral lamun berdasarkan pengukuran *in situ* dan analisis citra satelit, memetakan lamun hingga tingkat spesies berdasarkan pustaka spektral pengukuran *in situ* dengan penerapan algoritma SAM dan menguji tingkat akurasi. Penelitian dilaksanakan di ekosistem lamun Pulau Tunda, Banten. Citra satelit yang digunakan adalah WorldView-2 dan reflektansi spektral lamun diukur menggunakan spektrometer USB4000. Algoritma klasifikasi SAM memanfaatkan pustaka spektral dan mengelaskan obyek dalam satu piksel secara homogen. Hasil klasifikasi berupa kelas lamun *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia Hemprichi*, dan *Halophila ovalis*. Akurasi yang dihasilkan sebesar 35.6 %. Luas area masing-masing kelas adalah 0.8 Ha untuk kelas *Cymodocea rotundata*, 2.79 Ha untuk kelas *Enhalus acoroides*, 3,7 Ha kelas *Thalassia hemprichii*, dan 3.5 Ha untuk *Halophila ovalis*. Klasifikasi lamun hingga tingkat spesies belum menghasilkan akurasi yang baik. Area lamun dengan jenis yang beragam dan jumlah saluran pada citra satelit multispektral diasumsikan menjadi penyebab rendahnya nilai akurasi.

Kata kunci: *Pustaka Spektral, SAM, Lamun, Pulau Tunda*

**MODEL PELAKSANAAN DISEMINASI INFORMASI PENGINDERAAN JAUH BERBASIS TEKNOLOGI TERBUKA = REFERENCE IMPLEMENTATION OF REMOTE SENSING INFORMATION DISSEMINATION BASED ON OPEN TECHNOLOGY/Sarno**  
**J. INDERAJA, 13 (2) 2016: 73 - 84**

Sistem Pemantauan Bumi Nasional di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh menyelenggarakan fungsi diseminasi informasi penginderaan jauh untuk pengguna. Undang-undang Keantariksaan Nomor 21 Tahun 2013 Pasal 22 Ayat 1, mengamanatkan bahwa pemanfaatan data dan diseminasi informasi penginderaan jauh wajib dilakukan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Lembaga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model pelaksanaan diseminasi informasi penginderaan jauh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah purwarupa dengan teknologi terbuka. Tahapan penelitian meliputi identifikasi komponen teknologi dan evaluasi arsitektur umum untuk mempermudah dalam pengembangan, perancangan model dan implementasi sistem dengan melakukan pembaruan, pengujian secara berulang dan pengintegrasian perangkat lunak sumber terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model telah berhasil diimplementasikan dan dilakukan pengujian melalui purwarupa. Penerapan purwarupa menjadi sistem yang beroperasi secara penuh dapat dikembangkan dengan biaya murah dan antarmuka yang ramah.

Kata kunci: *Diseminasi, Informasi, Model, Pelaksanaan, Teknologi, Terbuka*



**JURNAL**  
**PENGINDERAAN JAUH & PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL**  
*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*

ISSN 1412 - 8098

Vol. 13 No. 2, Desember 2016

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

**ABSTRAK**

**KLASIFIKASI PENUTUP/PENGGUNAAN LAHAN DENGAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH HIPERSPEKTRAL (HYPERION) MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK TIRUAN = (LAND-USE/LAND-COVER CLASSIFICATION WITH HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING SATELLITE DATA USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS METHOD/Dony Kushardono**  
**J. INDERAJA, 13 (2) 2016: 85 - 96**

Data penginderaan jauh hiperspektral memiliki informasi spektral yang sangat banyak untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan (LULC), akan tetapi banyaknya jumlah *band* data hiperspektral menjadi masalah dalam klasifikasi LULC. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *back propagation neural network* untuk klasifikasi LULC dengan data penginderaan jauh hiperspektral. *Neural network* yang dipergunakan 3 lapis, dimana untuk uji coba lapis masukan memiliki jumlah *neuron* sebanyak 242 untuk mengolah seluruh *band*, 163 *neuron*, dan 50 *neuron* untuk mengolah data *band* yang memiliki nilai digital rata-rata yang tinggi, dan data *band* pada panjang gelombang cahaya tampak hingga infra merah dekat. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan seluruh *band* data hiperspektral pada klasifikasi dengan *neural network* memiliki akurasi hasil klasifikasi tertinggi hingga 98% untuk 18 kelas LULC, akan tetapi waktu yang diperlukan sangat lama. Pemilihan sejumlah *band* data yang tepat untuk klasifikasi dengan *neural network*, selain mempercepat waktu pengolahan data, juga bisa memberikan akurasi hasil klasifikasi yang mencukupi.

Kata Kunci : *Hiperspektral, LULC, Klasifikasi, Neural network*

**METODE PENENTUAN TITIK KOORDINAT ZONA POTENSI PENANGKAPAN IKAN PELAGIS BERDASARKAN HASIL DETEKSI TERMAL FRONT SUHU PERMUKAAN LAUT = METHOD OF DETERMINATION POINTS COORDINATE FOR POTENTIAL FISHING ZONE BASED ON DETECTION OF THERMAL FRONT SEA SURFACE TEMPERATURE/Rossi Hamzah; Teguh Prayogo; dan Sartono Marpaung**  
**J. INDERAJA, 13 (2) 2016: 97 - 108**

Informasi titik koordinat zona potensi penangkapan ikan (ZPPI) sangat diperlukan oleh pengguna agar lebih efektif dalam melakukan operasi penangkapan ikan. Hasil deteksi termal *front* menggunakan metode *Single Image Edge Detection* (SIED) dalam bentuk garis kontur. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan titik koordinat ZPPI berdasarkan hasil deteksi termal *front* suhu permukaan laut. Untuk menentukan titik koordinat dilakukan segmentasi hasil deteksi sesuai ukuran *fishnet grid*. Garis kontur yang terdapat dalam setiap *grid* merupakan bentuk poligon. Pusat geometri dari setiap poligon merupakan titik koordinat ZPPI. Hasil pengolahan data suhu permukaan laut dari satelit Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS menunjukkan bahwa metode penentuan pusat geometri poligon sangat efektif dalam menentukan titik koordinat ZPPI. Dengan menggunakan metode tersebut tahap pengolahan data satelit menjadi lebih cepat, efisien dan lebih praktis karena informasi ZPPI sudah dalam bentuk titik koordinat.

Kata kunci: *SPL, Deteksi front, Poligon, Pusat geometri, Informasi*

**JURNAL**  
**PENGINDERAAN JAUH & PENGOLAHAN DATA CITRA DIGITAL**  
*Journal of Remote Sensing and Digital Image Processing*

ISSN 1412 - 8098

Vol. 13 No. 2, Desember 2016

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

**ALGORITMA DUA DIMENSI UNTUK ESTIMASI MUATAN PADATAN TERSUSPENSI MENGGUNAKAN DATA SATELIT LANDSAT-8, STUDI KASUS: TELUK LAMPUNG = TWO DIMENSIONAL ALGORITHM FOR ESTIMATING TOTAL SUSPENDED SOLIDS USING LANDSAT-8 SATELLITE DATA CASE STUDY: LAMPUNG BAY)/Muchlisin Arief; Syifa W. Adawiah; Maryani Hartuti; dan Ety Parwati  
J. INDERAJA, 13 (2) 2016: 109 - 120**

Penginderaan jauh adalah alat yang ampuh untuk memantau zona pesisir. Sensor optik dapat digunakan untuk mengukur parameter kualitas air *Total Suspended Solid/Muatan Padatan Tersuspensi* (MPT). Agar supaya dapat mengekstraksi informasi MPT, maka, data satelit perlu divalidasi dengan pengukuran *in situ* yaitu membuat hubungan antara reflektansi *band* dengan konsentrasi MPT hasil pengukuran. Pada model ini, dilakukan korelasi antara hasil pengukuran dengan nilai reflektansi *band3* dan *band4*, maka diperoleh persamaan linier, kemudian dihitung dengan menggunakan dalil perbandingan 60 : 75, untuk masing-masing koefisien korelasinya, maka diperoleh persamaan linier dua dimensi  $T_{(X_3, X_4)} = 2313.77 X_3 + 4741,11 X_4 + 314.95$ . Berdasarkan konsentrasi MPT pada 3 Juni 2015 di sebelah barat lebih rendah dibandingkan sebelah timur. Hal ini dikarenakan sebelah timur sudah terkontaminasi dengan pabrik, buangan benda padat oleh manusia, sedangkan sebelah barat karena masih banyak keramba jaring apung ikan dan *mangrove*. Berdasarkan hasilnya antara pengukuran dan hasil perhitungan, masih jauh dari sempurna (ketelitiannya 60 %), salah satu faktornya adalah dalam menentukan nilai *thresholding*, pada saat menentukan batas antara: awan, laut dan darat. Secara umum menunjukkan bahwa model yang masih membutuhkan perbaikan.

Kata kunci: *Landsat-8, Ekstraksi, Reflektansi, Padatan tersuspensi total, Dua dimensi, Teluk Lampung*

# **PENERAPAN ALGORITMA SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) UNTUK KLASIFIKASI LAMUN MENGGUNAKAN CITRA SATELIT WORLDVIEW-2 (SPECTRAL ANGLE MAPPER (SAM) ALGORITHM APPLICATION FOR SEAGRASS CLASSIFICATION USING WORLDVIEW-2 SATELLITE IMAGERY)**

**Nunung Noer Azilzah\*)<sup>1</sup>, Vincentius Paulus Siregar\*\*), Syamsul Bahri Agus\*\*)**

**\*) Mahasiswa Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana IPB**

**\*\*\*) Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor**

**Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Dermaga, Bogor Indonesia**

**<sup>1</sup>e-mail: nunungnoeraziizah@yahoo.com**

**Diterima 28 Oktober 2016; Direvisi 2 Desember 2016; Disetujui 9 Desember 2016**

## **ABSTRACT**

Remote sensing technology has been developed for monitoring and identification of coastal environment and resources, such as seagrasses. In Indonesia, particularly seagrass mapping spectrometer utilizing spectral library has not been done. This study aimed to determine the spectral signature based in situ measurement and image analysis, analyze the implementation of the algorithm Spectral Angle Mapper (SAM) and test accuracy in mapping seagrass to species level based on spectral libraries. Research conducted in seagrass Tunda Island, Banten. Satellite imagery used is WorldView-2 and the seagrass spectral reflectance was measured using a spectrometer USB4000. SAM classification algorithm utilizing spectral libraries and classify objects in a single pixel can be homogeneous. Classification results in the form of class *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*, and *Halophila ovalis*. The resulting accuracy of 35.6%. The area of each class is 0.8 hectares for the class *Cymodocea rotundata*, 2.79 hectares for *Enhalus acoroides*, class *Thalassia hemprichii* 3.7 hectares, and 3.5 hectares for *Halophila ovalis*. Classification of seagrass to species level yet produce good accuracy. Seagrass area with a variety of species and number of channels on a multispectral satellite image is assumed to be the cause of the low value of accuracy.

**Keywords:** *Spectral Signature, SAM, Seagrass, Tunda Island*

## ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh (*remote sensing*) sangat berkembang untuk identifikasi dan memantau sumberdaya alam wilayah pesisir, seperti lamun. Di Indonesia khususnya pemetaan lamun memanfaatkan pustaka spektral dari spektrometer belum banyak dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran spektral lamun berdasarkan pengukuran *in situ* dan analisis citra satelit, memetakan lamun hingga tingkat spesies berdasarkan pustaka spektral pengukuran *in situ* dengan penerapan algoritma SAM dan menguji tingkat akurasi. Penelitian dilaksanakan di ekosistem lamun Pulau Tunda, Banten. Citra satelit yang digunakan adalah WorldView-2 dan reflektansi spektral lamun diukur menggunakan spektrometer USB4000. Algoritma klasifikasi SAM memanfaatkan pustaka spektral dan mengelompokkan obyek dalam satu piksel secara homogen. Hasil klasifikasi berupa kelas lamun *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia Hemprichi*, dan *Halophila ovalis*. Akurasi yang dihasilkan sebesar 35.6 %. Luas area masing-masing kelas adalah 0.8 Ha untuk kelas *Cymodocea rotundata*, 2.79 Ha untuk kelas *Enhalus acoroides*, 3,7 Ha kelas *Thalassia hemprichii*, dan 3.5 Ha untuk *Halophila ovalis*. Klasifikasi lamun hingga tingkat spesies belum menghasilkan akurasi yang baik. Area lamun dengan jenis yang beragam dan jumlah saluran pada citra satelit multispektral diasumsikan menjadi penyebab rendahnya nilai akurasi.

Kata kunci: *Pustaka Spektral, SAM, Lamun, Pulau Tunda*

### 1 PENDAHULUAN

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang memiliki rhizoma, daun, dan akar sejati. Hidup terendam di dalam laut dengan adaptasi secara penuh di perairan yang salinitasnya cukup tinggi (Azkab, 2000). Ekosistem lamun memiliki peran penting dalam ekologi kawasan pesisir, karena menjadi habitat berbagai biota laut termasuk menjadi tempat mencari makan (*feeding ground*) (Bortone, 2000). Peran lain dari padang lamun adalah sebagai pendaur zat hara, menstabilkan dan menahan sedimen yang dibawa oleh arus dan gelombang. Selain manfaat tersebut, dalam beberapa tahun terakhir ini dilakukan penelitian mengenai peran padang lamun sebagai salah satu penyerap emisi karbon di perairan laut (Kiswara, 2010).

Penginderaan jauh merupakan teknologi penting dalam inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam secara spasial, dan penggunaannya terus meningkat untuk pemanfaatan sumber informasi dalam berbagai bidang luasan dari berbagai bentuk habitat dan tipe substrat dasar perairan (Green *et al.*, 2000; Tamondong *et al.*, 2013). Interaksi fisis gelombang elektromagnetik yang

mengenai suatu obyek dapat berupa pemantulan (refleksi), penyerapan (absorpsi), dan penerusan (transmisi). Sistem penginderaan jauh satelit mempunyai kepekaan terhadap respon spektral obyek sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi spektral obyek sebagai dasar terbentuknya data penginderaan jauh. Di Indonesia khususnya pemetaan lamun memanfaatkan pustaka spektral dari spektrometer belum banyak dilakukan. Pustaka spektral merupakan informasi mengenai karakteristik pantulan atau pancaran elektromagnetik dari reflektansi spektral masing-masing obyek yang diukur secara *in situ* (Martínez *et al.*, 2006).

Kajian mengenai spektral lamun banyak berkembang secara *in situ* yaitu dilakukan dekat dengan obyek pada jarak 2-10 cm sehingga tidak terdapat gangguan atmosferik maupun kolom perairan (Fyfe, 2003, Fyfe, 2004; Pu *et al.*, 2012; Tamondong *et al.*, 2013). Berbeda dengan *in situ*, analisis citra dilakukan untuk memperoleh nilai reflektansi dari piksel (Lyons *et al.*, 2011). Pengukuran spektral secara *in situ* dilakukan dengan bantuan spektrometer dapat merekam pantulan gelombang elektromagnetik dari obyek.

Reflektansi citra menggambarkan berbagai obyek didalamnya tanpa melakukan pengukuran langsung (Helmi et al., 2012).

Pengukuran spektral lamun secara *in situ* dilakukan untuk membuat pustaka spektral sebagai kunci dalam klasifikasi. Seperti yang diketahui bahwa reflektansi spesies lamun memiliki perbedaan disebabkan adanya variasi pigmen dan fungsi anatomi daun (struktur internal, serat, dan lain-lain) (Durako, 2007), maka penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi kurva reflektansi spektral jenis lamun hasil pengukuran *in situ* dan menghasilkan klasifikasi lamun hingga tingkat spesies.

Klasifikasi citra merupakan proses mengelompokkan piksel kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai kecerahan piksel (*brightness value/ BV/ digital number*) pada citra (Danoedoro, 2012). Penerapan metode klasifikasi berbasis piksel diharapkan menghasilkan akurasi pemetaan yang baik. Dalam penelitian ini, metode yang menjadi pilihan untuk klasifikasi citra berbasis piksel adalah algoritma *Spectral Angle Mapper* (SAM) dengan penerapan pustaka spektral pengukuran *in situ*.

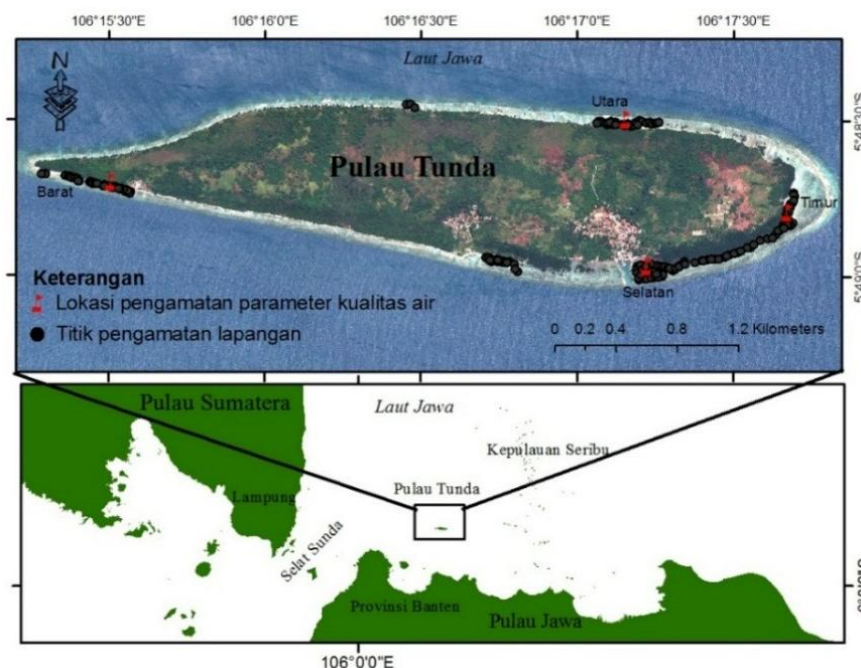
Algoritma SAM menentukan

kesamaan spektral antara dua spektrum dengan menghitung sudut antara kedua spektrum, dengan asumsi keduanya sebagai vektor dalam ruang dengan dimensi yang sama dengan jumlah saluran (Rashmi et al., 2014). Klasifikasi lamun secara umum dilakukan untuk menghasilkan kelas lamun dan non lamun. Penerapan algoritma klasifikasi SAM dilakukan untuk klasifikasi lamun hingga tingkat spesies menggunakan pustaka spektral pengukuran *in situ*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besaran spektral lamun berdasarkan pengukuran *in situ* dan analisis citra satelit, memetakan lamun hingga tingkat spesies berdasarkan pustaka spektral pengukuran *in situ* dengan penerapan algoritma SAM dan menguji tingkat akurasinya.

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Lokasi dan Data

Pengamatan dan pengukuran reflektansi dilaksanakan di ekosistem lamun Pulau Tunda Kabupaten Serang pada Agustus 2014 dan dilanjutkan Maret 2015. Secara geografis lokasi penelitian terletak antara 5° 48' 15" – 50 49' 30" LS dan 106° 15' 00" - 1060 - 1060 17' 30"BT (Gambar 2-1).



Gambar 2-1: Lokasi penelitian dan titik pengamatan lapangan menggunakan data WorldView-2 RGB 432

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra *worldview-2* akuisisi 25 Agustus 2013 dengan sistem proyeksi koordinat UTM zona 48S-WGS84. Karakteristik citra *worldview-2* terdiri dari delapan saluran multispektral (*coastal, blue, green, yellow, red, red-edge, NIR1* dan *NIR2*) dengan resolusi spasial 1.85 m<sup>2</sup> dan pankromatik dengan resolusi spasial 0.46 m<sup>2</sup> (Globe, 2009). Citra satelit yang digunakan adalah hasil akuisisi 25 Agustus 2013 dan pengukuran spektral lamun dilakukan 25 Agustus 2014.

Terdapat perbedaan waktu antara perekaman spektral citra satelit dan pengukuran spektral spektrometer. Berdasarkan pertumbuhan lamun, tidak terdapat perbedaan signifikan luasan lamun dalam jangka waktu satu tahun (Christon *et al.*, 2012), sehingga luasan lamun yang terklasifikasi dapat menggambarkan kondisi di lapangan. Pengukuran spektral reflektansi dilakukan dengan bantuan spektrometer USB4000 yang memiliki rentang panjang gelombang antara 380-1100 nm dengan resolusi optik ~0,3 (FWHM) dan lensa optik 22° (Optic, 2009).

## 2.2 Metode Penelitian

### 2.2.1 Standarisasi data

Citra satelit yang digunakan telah terkoreksi geometrik dan memiliki acuan sistem koordinat. Proses pra pengolahan citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra melalui koreksi atmosferik. Koreksi atmosferik dengan perangkat lunak pengolahan citra menggunakan modul *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube* (FLAASH) (Felde *et al.* 2003). FLAASH yang bekerja dengan kode *Moderate Resolution Atmospheric Transmission* (MODTRAN4) dapat menganalisis pengaruh atmosfer dari saluran tampak hingga inframerah pada citra multispektral (Felde *et al.*, 2003). Parameter FLAASH yang digunakan terdiri dari file *input* dan *output* FLAASH, karakteristik sensor yang digunakan dan model atmosfer.

Pengolahan awal klasifikasi yaitu proses segmentasi terhadap *Input Image Layer* (IIL) yang merupakan saluran multispektral citra *WorldView-2* (*coastal, blue, green, yellow, red, red-edge, NIR-1* dan *NIR-2*). Metode klasifikasi berbasis piksel sebelumnya memiliki kelemahan yaitu banyak mengabaikan hubungan spasial. Untuk mengatasi kelemahan ini, segmentasi digunakan dengan tujuan mengelompokkan informasi dalam piksel yang bersifat homogen. Segmentasi merupakan proses yang sama dengan deliniasi poligon untuk sampel klasifikasi.

Parameter segmentasi terdiri dari tiga parameter, yaitu: *shape, compactness*, dan *scale*. Nilai yang digunakan oleh parameter *shape* dan *compactness* berkisar 0-1. Faktor *shape* mengatur homogenitas spektral dan bentuk objek. Faktor *compactness* menyeimbangkan kekompakan dan kehalusan, menentukan bentuk obyek antara batas yang halus dan tepi yang kompak. Parameter *scale* mengatur ukuran obyek yang sesuai dengan kebutuhan pengguna berdasarkan tingkat kedetailan dan merupakan parameter kunci dalam segmentasi citra. Keputusan nilai skala tergantung pada ukuran obyek yang dibutuhkan (Myint *et al.*, 2011).

### 2.2.2 Analisis reflektansi spektral lamun

Reflektansi lamun diukur dengan cara mengarahkan probe dari spektrometer pada bagian permukaan daun dengan sudut pengukuran reflektansi 45° dengan jarak kurang lebih 2-5 cm dari obyek, pengukuran spektral dilakukan pada pukul 10.00 – 14.00 WIB, selanjutnya menyimpan hasil pengukuran reflektansi yang telah terekam oleh spektrometer dalam bentuk \*.txt atau \*.Prospec (Optic, 2009). Pengukuran spektral dilakukan tiga kali pengulangan pada saat kondisi perairan tenang dan cuaca cerah agar hasil yang didapat sedikit gangguan dan maksimal.

Pengukuran spektral *in situ* menghasilkan nilai intensitas yang di

potong pada panjang gelombang 400 - 900 nm dengan interval antar panjang gelombang yaitu satu nm. Filterisasi terhadap *raw* data dengan melakukan *smoothing* data dengan metode *moving average* (rata-rata bergerak). Pustaka spektral diperoleh dari proses analisis yang mengacu pada Optic (2009), dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \times 100\% \quad (2-1)$$

Keterangan:

R = Reflektansi (%)

$S_{\lambda}$  = Intensitas sampel (*counts*)

$D_{\lambda}$  = Intensitas dark (*counts*)

$R_{\lambda}$  = Intensitas *reference* (*counts*)

### 2.2.3 Klasifikasi

Penerapan algoritma klasifikasi SAM dilakukan untuk klasifikasi lamun hingga tingkat spesies menggunakan pustaka spektral pengukuran *in situ*. Persamaan yang digunakan pada algoritma SAM adalah:

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

Dimana  $nb$  merupakan jumlah saluran pada citra,  $t$  adalah spektral piksel,  $r$  adalah spektral referensi (pustaka spektral pengukuran *in situ*), dan  $\alpha$  merupakan sudut spektral. Proses klasifikasi citra dengan algoritma SAM adalah sebagai berikut:

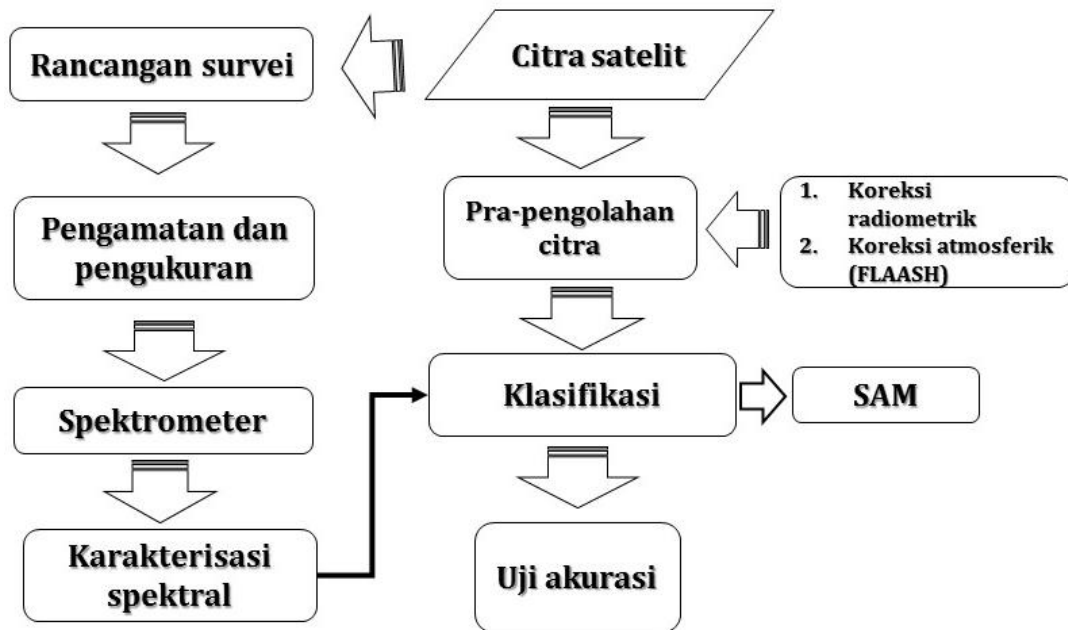
- Mendeliniasi poligon lamun berdasarkan data pengukuran lapangan pada hasil segmentasi.
- Membuat pustaka spektral berupa kurva reflektansi jenis lamun.
- Poligon lamun pada citra dengan 8 saluran diklasifikasi menggunakan algoritma SAM yang memanfaatkan pustaka spektral untuk mengklasifikasi lamun.

Hasil klasifikasi dengan SAM memberikan keterangan bahwa setiap kelas yang terbentuk mewakili obyek yang dominan dalam satu piksel dan dikatakan *unclassified* (tidak terkelaskan) jika tidak tergabung dalam satu kelas (Kutser *et al.*, 2006, Kamal dan Arjasakusuma, 2010). Parameter klasifikasi SAM adalah menentukan sudut (*radian angle*) dan pustaka spektral *in situ*. Sudut spektral yang memiliki nilai akurasi optimal ditentukan berdasarkan perhitungan sudut pada persamaan 2-2.

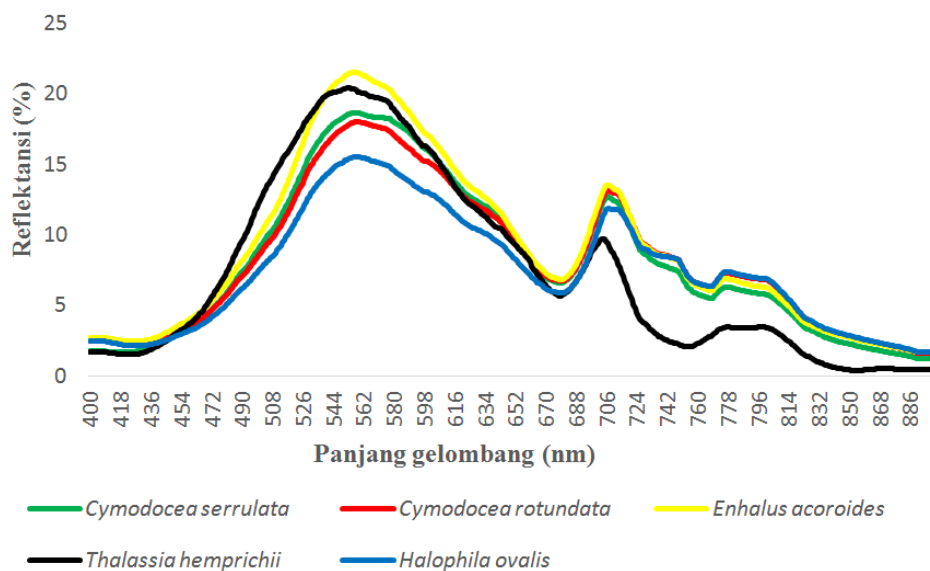
Penelitian meliputi dua aspek disajikan pada Gambar 2-2, yakni analisis spektral berdasarkan hasil pengukuran reflektansi lamun dengan spektrometer dan analisis spektral berdasarkan citra satelit *WorldView-2*. Dilakukan pra pengolahan pada citra satelit berupa koreksi atmosferik. Hasil pengukuran spektrometer memberikan informasi tentang karakterisasi spektral yang dapat dijadikan pustaka spektral digital. Proses selanjutnya adalah klasifikasi lamun dari citra satelit berdasarkan data *in situ* berupa sebaran jenis lamun dan reflektansi spektral. Penelitian menerapkan teknik klasifikasi citra berbasis piksel menggunakan algoritma SAM dengan penerapan pustaka spektral *in situ*. Akurasi keseluruhan dari hasil klasifikasi selanjutnya di uji akurasi untuk mengetahui berapa besar akurasi hasil klasifikasi untuk pemetaan lamun di Pulau Tunda.

### 2.2.4 Uji Akurasi

Uji akurasi yang umum dilakukan pada data hasil klasifikasi penginderaan jauh adalah matrik kesalahan (*error matrix/confusion matrix*) dengan perhitungan akurasi keseluruhan (OA), *producer accuracy* (PA), *user accuracy* (UA). Hal ini dilakukan terhadap peta hasil klasifikasi untuk mengetahui akurasi dari teknik klasifikasi yang diterapkan (Congalton dan Green, 2008)



Gambar 2-2: Skema pelaksanaan penelitian



Gambar 3-1: Pola reflektansi spektral lima jenis lamun pengukuran *in situ*

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Reflektansi Spektral Lamun

Terdapat lima jenis lamun di lokasi penelitian yakni *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea Serrulata*, *Thalassia hemprichii*, dan *Halophila ovalis*. Lima jenis lamun di Pulau Tunda memiliki kemiripan pola reflektansi spektral (Gambar 3-1). Reflektansi spektral lamun memiliki dua *peak* (puncak) yang berbeda pada panjang gelombang 500-650 nm (saluran hijau) dan di 700-750 nm (saluran merah tepi)

dengan nilai tertinggi 22% di puncak pertama dan 14% di puncak kedua. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Pu *et al.* (2012) dan Fyfe (2003) yang mengukur pola reflektansi spektral lamun dan menunjukkan adanya puncak di panjang gelombang 500 – 650 nm dan 700 – 800 nm.

Kesamaan pola spektral tidak menunjukkan lima jenis lamun memiliki nilai yang sama karena pada dasarnya menurut Indarto (2014) reflektansi spektral setiap obyek di permukaan

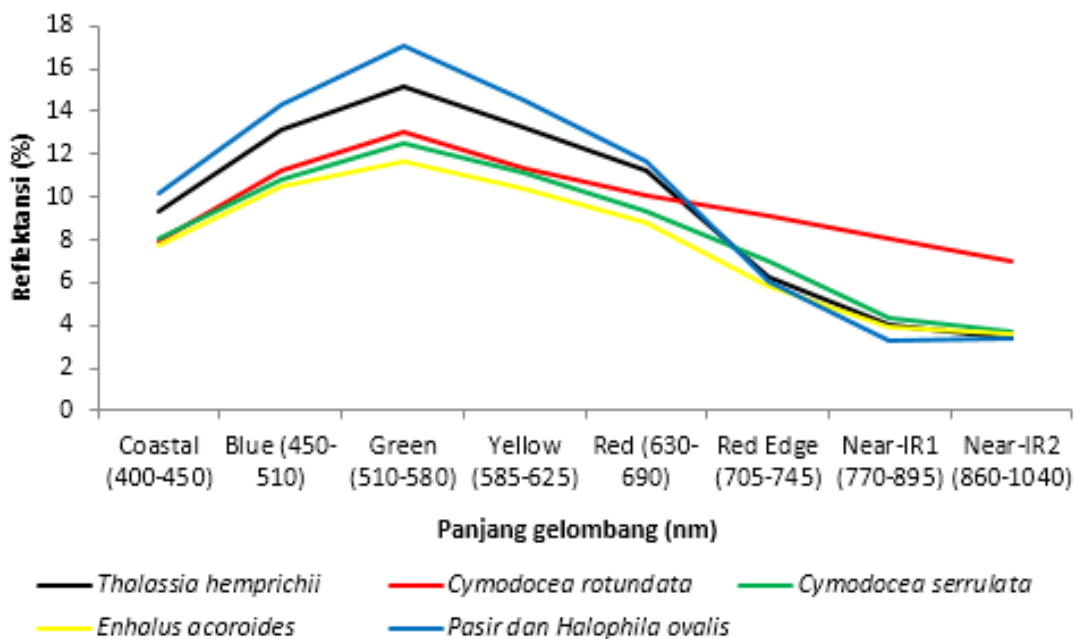


bumi umumnya unik (bersifat khusus atau khas yang mencirikan obyek) sehingga lima jenis lamun tersebut memiliki nilai yang berbeda dengan cirinya masing-masing. Berdasarkan besaran puncak reflektansi, jenis *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* memiliki nilai tertinggi dibandingkan jenis lainnya karena sebarannya dominan dan memiliki ukuran ketebalan daun yang lebih tebal. Jenis *Halophila ovalis* memiliki nilai reflektansi terendah karena ukuran daun maupun batangnya lebih kecil dibanding jenis lain (Durako, 2007). Terdapat penurunan nilai spektral lima jenis lamun pada saluran merah karena terjadi penyerapan gelombang elektromagnetik dan meningkat kembali pada saluran merah tepi. Reflektansi lamun meningkat pada saluran merah tepi dan NIR karena saluran tersebut memiliki sensitivitas terhadap vegetasi (Lillesand *et al.*, 2004).

Citra satelit *WorldView-2* merupakan citra multispektral yang memiliki delapan saluran sehingga dapat digunakan dengan baik untuk studi perairan dangkal. Analisa reflektansi dilakukan untuk mengkaji respon spektral citra sebagai dasar identifikasi

karakteristik lamun (Helmi *et al.* 2011). Spektral reflektansi lamun dari citra satelit *WorldView-2* (Gambar 3-2) memberikan pola yang hampir sama dengan hasil pengukuran *in situ* (Gambar 3-1), bedanya untuk reflektansi lamun dari citra hanya memiliki satu puncak yaitu pada saluran hijau (510 – 580 nm).

Berbeda dengan reflektansi menggunakan spektrometer yang terdapat puncak di saluran merah tepi, pada citra tidak terdapat puncak di saluran tersebut. Menurut Lillesand *et al.* (2004) saluran merah tepi mendekati inframerah yang radiasi elektromagnetiknya diserap hampir seluruhnya oleh kolom air, sehingga meskipun saluran tersebut sensitif terhadap vegetasi tetapi pengaruh adanya kolom air akan membuat radiasinya habis terserap. Saluran hijau dalam citra satelit *WorldView-2* berada di spektrum 510 – 580 nm dapat digunakan untuk mendeteksi vegetasi yang difokuskan kepada puncak reflektansi. Kombinasi saluran hijau dengan kuning dapat digunakan untuk membedakan berbagai jenis material penyusun dari tanaman dalam vegetasi (Digital Globe, 2009).



Gambar 3-2: Reflektansi spektral lamun dari citra satelit *WorldView-2*

Holden, LeDrew (2001) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pantulan spektral semakin tinggi pada obyek yang memiliki ukuran besar, keras, kasar, dan berwarna terang. Reflektansi spektral *Halophila ovalis* pada citra satelit banyak dipengaruhi oleh substrat disekitarnya yaitu pasir, karena berdasarkan lokasi pengamatan luas penutupannya sedikit dan substrat didominasi oleh pasir.

### 3.2 Klasifikasi Lamun dengan Citra Satelit WorldView-2

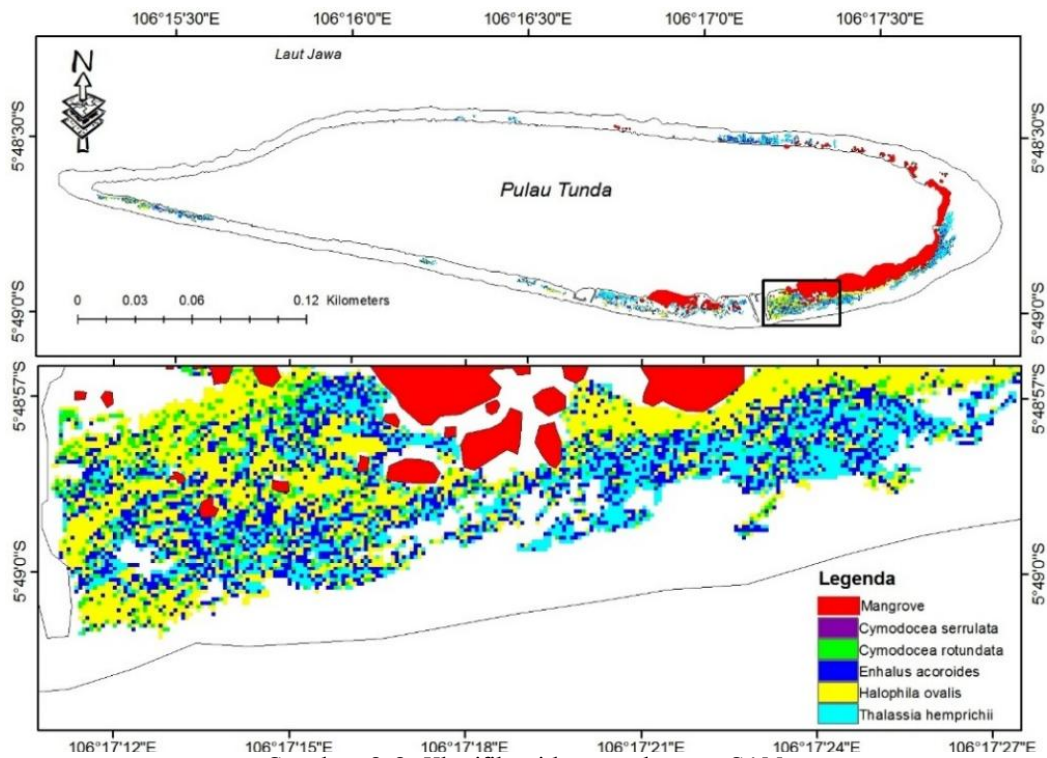
Panjang gelombang pada spektrometer disesuaikan pengelompokkannya

berdasarkan saluran (*band*) pada citra satelit *WorldView-2* (Tabel 3-2). Panjang gelombang dibagi menjadi delapan kelompok saluran dan nilai reflektansi spektral di rata-ratakan berdasarkan kelompok salurannya.

Citra *WorldView-2* dengan 8 saluran diklasifikasi untuk menghasilkan kelas lamun hingga tingkat spesies. Hasil klasifikasi SAM menunjukkan sebaran lamun secara spasial, ditampilkan pada Gambar 3-2. Kelas yang dihasilkan adalah *Cymodocea rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, dan *Halophila ovalis*.

Tabel 3-2: PERBANDINGAN REFLEKTANSI LAMUN *IN SITU* DAN ANALISIS CITRA

	Panjang gelombang (nm)	<i>Cymodocea rotundata</i>	<i>Cymodocea serrulata</i>	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	<i>Halophilla ovalis</i>
Spektral lamun pengukuran <i>in situ</i>	Coastal (400-450)	1.910	2.506	2.674	1.819	2.326
	Blue (450-510)	6.158	6.003	6.919	7.827	5.282
	Green (510-580)	16.563	15.8022	18.881	18.855	13.642
	Yellow (585-625)	15.487	14.757	16.614	15.525	12.629
	Red (630-690)	9.187	9.088	9.524	8.512	7.843
	Red Edge (705-745)	9.940	10.466	10.612	6.046	9.719
	Near-IR1 (770-895)	3.955	4.653	4.434	1.741	4.716
	Near-IR2 (860-1040)	1.513	1.946	1.949	0.451	2.030
Spektral lamun analisis citra satelit	Coastal (400-450)	9.353	7.914	8.040	7.767	10.186
	Blue (450-510)	13.127	11.216	10.794	10.516	14.318
	Green (510-580)	15.160	13.048	12.485	11.710	17.103
	Yellow (585-625)	13.298	11.351	11.166	10.381	14.511
	Red (630-690)	11.208	10.105	9.315	8.839	11.625
	Red Edge (705-745)	6.265	9.080	6.976	5.778	6.053
	Near-IR1 (770-895)	3.990	8.015	4.396	3.929	3.306
	Near-IR2 (860-1040)	3.377	7.043	3.662	3.654	3.351



Gambar 3-3: Klasifikasi lamun dengan SAM

Tabel 3-3: UJI AKURASI METODE SAM PADA 0.6 RADIAN

Data Citra	Data Lapangan					Total	UA
	<i>C. rotundata</i>	<i>C. serrulata</i>	<i>E. acoroides</i>	<i>T. hemprichii</i>	<i>H. ovalis</i>		
<i>C. rotundata</i>	5	4	5	0	2	16	31.2%
<i>C. serrulata</i>	0	0	0	0	0	0	0%
<i>E. acoroides</i>	4	5	18	0	6	33	54.5%
<i>T. hemprichii</i>	15	4	13	1	3	36	2.7%
<i>H. ovalis</i>	4	6	11	1	22	44	50%
Total	28	19	47	2	33	129	
PA	17.8%	0%	38.2%	50%	66.6%		

Overall Accuracy = (46/129) 35.6%

Diketahui bahwa jenis *Thalassia hemprichii* mendominasi kelas lamun dengan luas terbesar, sedangkan tidak ditemukan jenis *Cymodocea serrulata*. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dan karakteristik morfologi, jenis *Thalassia hemprichii* merupakan salah satu jenis yang dominan dan memiliki ukuran daun yang cukup tinggi sehingga mudah terdeteksi (Poedjarahajoe et al., 2013). Jenis *Cymodocea serrulata* merupakan lamun yang berada satu genus dengan *Cymodocea rotundata* sehingga dianggap homogen karena besaran reflektansi

yang di analisis tidak berbeda signifikan antar keduanya.

### 3.3 Uji Akurasi

Sudut spektral yang digunakan pada parameter *multiple* radian adalah 0.6 radian terhadap keseluruhan jenis. Parameter sudut pada klasifikasi SAM dapat dihitung menggunakan persamaan 2-4 maupun percobaan menggunakan berbagai sudut untuk mendapatkan hasil akurasi yang baik. Hasil uji akurasi keseluruhan disajikan pada Tabel 3-3.

Hasil uji akurasi menunjukkan akurasi keseluruhan/OA sebesar 35.6%. Luas area masing-masing kelas adalah 0.8 Ha untuk kelas *Cymodocea rotundata*, 2.79 Ha untuk kelas *Enhalus acoroides*, 3,7 Ha kelas *Thalassia hemprichii*, dan 3.5 Ha untuk *Halophila ovalis*. Klasifikasi lamun hingga tingkat spesies belum menghasilkan akurasi yang baik. Beberapa hal yang menjadi catatan terkait rendahnya akurasi yang dihasilkan adalah: (1) idealnya waktu pengukuran spektral di lapangan dan waktu perekaman citra berlangsung pada saat yang hampir bersamaan, sehingga kondisi lamun dan kondisi cuaca tidak jauh berbeda; (2) *WorldView-2* memiliki resolusi spasial 1.8 m<sup>2</sup>, sehingga satu piksel seringkali tersusun atas beberapa obyek atau sering disebut dengan *mixel* (*mixedpixel*), adanya *mixel* dapat mempengaruhi reflektansi pada citra sehingga terjadi perbedaan pola spektral lamun di lapangan dan citra; (3) perekaman koordinat menggunakan GPS memiliki presisi 3–5 meter sehingga terjadi pergeseran 2–3 piksel; (4) jumlah saluran pada citra berpengaruh terhadap keterpisahan reflektansi spektral dari lamun.

Penelitian lain melakukan klasifikasi dengan metode SAM pada citra hiperspektral yang memiliki jumlah saluran lebih banyak dibandingkan dengan citra multispektral, karakteristik ini dapat memberikan pola reflektansi spektral obyek yang lebih detail, sebagai informasi dasar dalam analisis obyek menggunakan data hiperspektral sehingga akurasi yang dihasilkan lebih dari 50% (Kutser *et al.*, 2006, Kamal dan Phinn, 2011, Rashmi *et al.*, 2014). Pustaka spektral yang beragam dengan citra yang memiliki jumlah saluran lebih banyak diasumsikan mampu menghasilkan peta klasifikasi dengan akurasi lebih tinggi.

#### 4 KESIMPULAN DAN SARAN

Pemetaan spesies lamun di Pulau Tunda dengan algoritma klasifikasi SAM

telah menghasilkan akurasi keseluruhan yang tertinggi sebesar 35.6%. Hasil tersebut belum menunjukkan akurasi yang baik. Penelitian lain melakukan klasifikasi dengan metode SAM pada citra hiperspektral yang memiliki jumlah saluran lebih banyak dibandingkan dengan citra multispektral, sehingga diasumsikan dapat memberikan pola reflektansi spektral obyek yang lebih detail. Obyek yang homogen dan citra yang memiliki jumlah saluran lebih banyak diharapkan mampu menghasilkan peta klasifikasi dengan akurasi lebih tinggi.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya bantuan dan dukungan dari semua pihak. Oleh karena itu, terima kasih penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, DEA dan Dr. Syamsul Bahri Agus, M.Si, selaku pembimbing. Disamping itu, ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Laboratorium *Remote Sensing* dan Ekologi SEAMEO BIOTROP atas bantuan peminjaman alat selama penelitian. Penulis berterima kasih kepada rekan-rekan tim Pulau Tunda yang juga banyak membantu selama pelaksanaan penelitian.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Azkar M. H., 2000. *Struktur dan Fungsi pada Komunitas Lamun*, Oseana, 3(25): 9-17.
- Bortone S. A., 2000. *Seagrasses: Monitoring, Ecology, Physiology, and Management*. CRC Press.
- Christon, Djunaedi O S, P P. N., 2012. *Pengaruh Tinggi Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan dan Biomassa Daun Lamun Enhalus Acoroides di Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta*, Jurnal Perikanan dan Kelautan, 3(3): 287-294.
- Congalton R. G., Green K., 2008. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices*. CRC press.

- Danoedoro P., 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Yogyakarta Andi Offset.
- Durako M. J., 2007. *Leaf Optical Properties and Photosynthetic Leaf Absorptances in Several Australian Seagrasses*, *Aquatic Botany*, 87(1): 83-89.
- Felde G. W., Anderson G. P., Cooley T. W., Matthew M. W., Adler-Golden S. M., Berk A., Lee J., 2003. *Analysis of Hyperion Data with the Flaash Atmospheric Correction Algorithm*, Pages 90-92. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, Proceedings : IEEE International*.
- Fyfe S. K., 2003. *Spatial and Temporal Variation in Spectral Reflectance: are Seagrass Species Spectrally Distinct?* *Limnology and Oceanography*, 48(1): 464-479.
- Fyfe S. K., 2004. *Hyperspectral Studies of new South Wales Seagrasses with Particular Emphasis on the Detection of Light Stress in Eelgrass Zostera Capricorni*, University of Wollongong, Australia.
- Globe D., 2009. *The Benefits of the 8 Spectral Bands of Worldview-2*, 12: White Paper.
- Green E. P., Mumby P. J., Edwards A. J., Clark C. D., 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*, France. UNESCO.
- Helmi M., Hartoko A., Herkiki S., Munasik M., Wouthuyzen S., 2012. *Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang pada Citra Digital Multispektral Satelit Alos-Avnir di Perairan Gugus Pulau Pari, kepulauan seribu, jakarta*, *Buletin Oseanografi Marina*. 1(120-136).
- Indarto, 2014. *Teori dan Praktek Penginderaan Jauh*, Yogyakarta Andi Offset
- Kamal M., Arjasakusuma S., 2010. *Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Menggunakan Spektrometer Lapangan Sebagai Masukan Endmember pada Data Hiperspektral Resolusi Sedang*, *Jurnal Ilmiah Geomatika Vol. 16(2)*.
- Kamal M., Phinn S., 2011. *Hyperspectral Data for Mangrove Species Mapping: a Comparison of Pixel-Based and Object-Based Approach*, *Remote Sensing*. 3(10): 2222-2242.
- Kiswara W., 2010. *Studi Pendahuluan: Potensi Padang Lamun Sebagai Karbon Rosot dan Penyerap Karbon di Pulau Pari, teluk Jakarta*, LIPI, 36(3): 361-376.
- Kutser T., Miller I., Jupp D. L., 2006. *Mapping Coral Reef Benthic Substrates using Hyperspectral Space-Borne Images and Spectral Libraries*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(3): 449-460.
- Lillesand T., Kiefer R. W., Chipman J., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, United States of America John Wiley & Sons.
- Lyons M., Phinn S., Roelfsema C., 2011. *Integrating Quickbird Multi-Spectral Satellite and Field Data: Mapping Bathymetry, Seagrass Cover, Seagrass Species and Change in Moreton Bay, Australia in 2004 and 2007*, *Remote Sensing*. 3(1): 42-64.
- Martínez P. J., Pérez R. M., Plaza A., Aguilar P. L., Cantero M. C., Plaza J., 2006. *Endmember Extraction Algorithms from Hyperspectral Images*.
- Myint S. W., Gober P., Brazel A., Grossman-Clarke S., Weng Q., 2011. *Per-Pixel Vs. Object-Based Classification of Urban Land Cover Extraction using High Spatial Resolution Imagery*, *Remote Sensing of Environment*, 115(5): 1145-1161.
- Optic O., 2009. *Spectra Suite Spectrometer Operating Software*, United State of America Inc. World Headquarters.
- Poedjirahajoe E., Mahayani N. P. D., Sidharta B. R., Salamuddin M., 2013. *Tutupan Lamun dan Kondisi Ekosistemnya di Kawasan Pesisir Madasanger, Jelenga, dan Maluku Kabupaten Sumbawa Barat*, *Seagrass Coverage and Ecosystem Condition at the Coastal Area of Madasanger, Jelenga and Maluku, West Sumbawa*, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1): 37.
- Pu R., Bell S., Baggett L., Meyer C., Zhao Y., 2012. *Discrimination of Seagrass Species and Cover Classes with in Situ Hyperspectral Data*, *Journal of Coastal Research*, 28(6): 1330-1344.
- Rashmi S., Addamani S., Venkat S., 2014. *Spectral Angle Mapper Algorithm for*

*Remote Sensing Image Classification*,  
IJISSET-International Journal of  
Innovative Science, Engineering &  
Technology, 50(4): 201-205.

Tamondong A. M., Blanco A. C., Fortes M. D.,  
Nadaoka K., 2013. *Mapping of*

*Seagrass and Other Benthic Habitats in  
Bolinao, Pangasinan using Worldview-2  
Satellite Image*, 1579-1582, Geoscience  
and Remote Sensing Symposium  
(IGARSS): IEEE International.

# **MODEL PELAKSANAAN DISEMINASI INFORMASI PENGINDERAAN JAUH BERBASIS TEKNOLOGI TERBUKA (REFERENCE IMPLEMENTATION OF REMOTE SENSING INFORMATION DISSEMINATION BASED ON OPEN TECHNOLOGY)**

**Sarno**

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

onitsar@gmail.com atau onitsar@yahoo.com

Diterima 13 Juni 2016; Direvisi 18 Oktober 2016; Disetujui 11 November 2016

## **ABSTRACT**

National Earth Observation System at the Remote Sensing Application Center organize the functions of remote sensing information dissemination to the user. Space Law Number 21 of 2013 Article 22, Paragraph 1, mandates that the use of data and dissemination of remote sensing information shall be based on the guidelines set by the Institution. This research aims to analyze reference implementation of remote sensing information dissemination. The method used in this study is prototyping with an open technology. Stages of research include the identification of technology components and evaluation of the general architecture to simplify the development, design models and implementation of the system by reforming, repeatedly testing and integration of open source software. The results showed that the model or reference implementation has been successfully implemented and tested through prototypes. Application of the prototype into a fully operational system can be developed at low cost and user friendly interface.

*Keyword: Dissemination, Implementation, Model, Open, Technology*

## ABSTRAK

Sistem Pemantauan Bumi Nasional di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh menyelenggarakan fungsi diseminasi informasi penginderaan jauh untuk pengguna. Undang-undang Keantariksaan Nomor 21 Tahun 2013 Pasal 22 Ayat 1, mengamanatkan bahwa pemanfaatan data dan diseminasi informasi penginderaan jauh wajib dilakukan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Lembaga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model pelaksanaan diseminasi informasi penginderaan jauh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah purwarupa dengan teknologi terbuka. Tahapan penelitian meliputi identifikasi komponen teknologi dan evaluasi arsitektur umum untuk mempermudah dalam pengembangan, perancangan model dan implementasi sistem dengan melakukan pembaruan, pengujian secara berulang dan pengintegrasian perangkat lunak sumber terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model telah berhasil diimplementasikan dan dilakukan pengujian melalui purwarupa. Penerapan purwarupa menjadi sistem yang beroperasi secara penuh dapat dikembangkan dengan biaya murah dan antarmuka yang ramah.

Kata kunci: *Diseminasi, Informasi, Model, Pelaksanaan, Teknologi, Terbuka*

### 1 PENDAHULUAN

Program Pengembangan Sistem Pemantauan Bumi Nasional (SPBN) di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh (Pusfatja), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) menyelenggarakan fungsi pelaksanaan diseminasi informasi (DI) hasil penelitian, pengembangan dan perekayasaan (Litbangyasa) penginderaan jauh (PJ) agar dapat diakses dengan mudah untuk ditemukan, digabungkan, dievaluasi dan digunakan ulang oleh pengguna.

Program Kegiatan tersebut mengacu bahwa berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2015 tentang LAPAN, Pasal 2, LAPAN mempunyai tugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang penelitian dan pengembangan (Litbang) kedirgantaraan dan pemanfaatannya serta penyelenggaraan keantariksaan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan [Perpres No. 49, 2015].

Berdasarkan Undang-undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan, yang dimaksud dengan Penyelenggaraan Keantariksaan adalah setiap kegiatan eksplorasi dan pemanfaatan Antariksa

yang dilakukan, baik di dan dari bumi, Ruang Udara, maupun Antariksa (Pasal 1 ayat 4). Kegiatan Keantariksaan meliputi PJ (Pasal 7 ayat 1 huruf b). PJ meliputi kegiatan pemanfaatan data dan DI (Pasal 15 ayat 1 huruf d) [UU No. 21, 2013].

Berdasarkan Peraturan Kepala LAPAN Nomor 8 Tahun 2015 Tentang Organisasi dan Tata Kerja LAPAN, Pasal 114, Deputi Bidang PJ mempunyai tugas melaksanakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan teknis di bidang Litbang dan pemanfaatan serta penyelenggaraan keantariksaan di bidang PJ [Perka LAPAN No. 8, 2015].

Lebih lanjut, Undang-undang Nomor 21 Tahun 2013 mengamanatkan bahwa Deputi Bidang PJ menyelenggarakan fungsi pelaksanaan pemanfaatan dan diseminasi informasi PJ (DIPJ) melalui pengelolaan SPBN (Pasal 115 huruf e). Pemanfaatan data dan DIPJ wajib dilakukan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Lembaga (Pasal 22 ayat 1) [UU No. 21, 2013].

Teknologi Informasi dan Komunikasi Spasial (TIK-Spasial) memungkinkan pengguna dapat memperoleh IPJ dengan mudah, cepat dan akurat. Hal tersebut



menjadi tantangan bagi Pusfatja untuk terus mengembangkan metode dan model pemanfaatan PJ yang lebih baik sehingga lebih dapat dipercaya. Demikian juga dengan metode dan model pelaksanaan DIPJ (model PDIPJ) hasil Litbangyasa agar dengan cepat dan akurat dapat diterima dan sampai kepada masyarakat pengguna secara luas.

Makalah ini mendiskusikan upaya tindak lanjut dari ketentuan peraturan dan perundang-undangan tersebut untuk mencoba memberikan alternatif solusi berupa rekomendasi pedoman dalam bentuk *reference implementation* (model pelaksanaan) dan penerapannya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menerapkan model PDIPJ berbasis teknologi terbuka.

Sasaran penelitian yang ingin dicapai adalah tersedianya:

- Arsitektur umum model PDIPJ dan komponen teknologi terbuka,
- Purwarupa model PDIPJ hasil pengintegrasian perangkat lunak bebas dan sumber terbuka (PLBST) ke dalam *Web Geographic Information System* (Web GIS) atau Infrastruktur Informasi Spasial SPBN,
- Acuan penerapan model PDIPJ menjadi sistem yang operasional secara penuh melalui pengelolaan SPBN.

Dengan terlaksananya tujuan dan sasaran tersebut diharapkan:

- Sistem untuk pelaksanaan DIPJ (Sistem PDIPJ) dapat secara mudah dikembangkan dengan biaya murah, beroperasi secara penuh, dan antarmuka ramah pengguna,
- IPJ dapat lebih berdaya guna untuk pengelolaan sumber daya alam, pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana dalam rangka mendukung berbagai sektor pembangunan Bangsa

dan Negara Keasatuan Republik Indonesia.

## 2 METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah purwarupa dengan teknologi terbuka berupa PLBST (*prototyping development methodology with free and open source software*) [Brian, 2014].

Purwarupa adalah salah satu pendekatan dalam rekayasa perangkat lunak yang mendemonstrasikan secara langsung bagaimana perancangan cepat komponen-komponen perangkat lunak akan bekerja dalam lingkungannya sebelum tahapan konstruksi sistem nyata atau aktual dilaksanakan [Howard, 1997] melalui [Aunur, 2008].

Tahap-tahap dalam purwarupa boleh dikata merupakan tahap-tahap yang dipercepat. Strategi utama dalam purwarupa adalah kerjakan yang mudah terlebih dahulu dan sampaikan hasil sesegera mungkin.

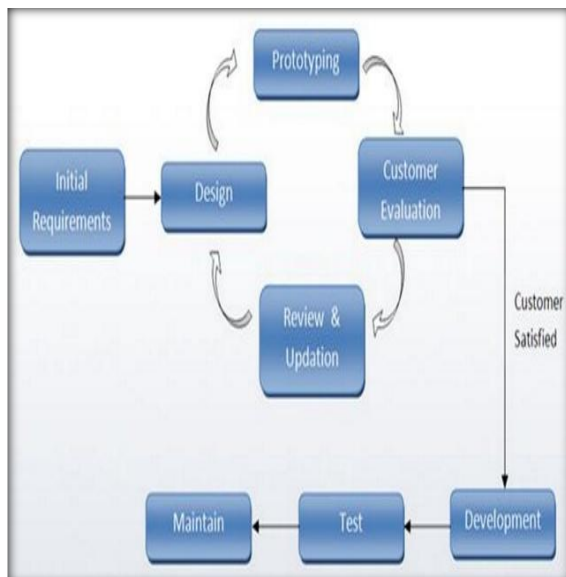
Tahapan-tahapan dalam metode purwarupa ditunjukkan seperti pada Gambar 2-1 [Sanjay, 2014] dan secara ringkas dijelaskan sebagai berikut: dalam model purwarupa dilakukan pengumpulan persyaratan atau kebutuhan awal dari sistem atau produk akhir yang akan dikembangkan. Kemudian menyiapkan sebuah perancangan cepat, mengevaluasi dan menguji untuk memperbaiki persyaratan serta merancang ulang seperlunya sampai model purwarupa dapat diterima dan akhirnya sistem atau produk lengkap dapat dikembangkan.

Tahap pengumpulan persyaratan atau kebutuhan awal dalam purwarupa dengan PLBST, dilaksanakan dengan melakukan pencarian komponen-komponen yang dapat diintegrasikan atau survey teknologi terbuka [Brian, 2014].

Dalam penelitian ini tahapan yang dilakukan adalah:

- Identifikasi komponen teknologi dan evaluasi arsitektur umum untuk mempermudah dalam pengembangan,
- Perancangan cepat dan implementasi sistem dengan melakukan pembaruan, pengujian secara berulang dan pengintegrasian PLBST,
- Penerapan purwarupa menjadi sistem lengkap yang beroperasi secara penuh.

Pengorganisasian hasil penelitian disusun atas 7 (tujuh) bagian yaitu Pendahuluan, Metodologi, Analisis, Perancangan, Implementasi, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan dan Saran.



Gambar 2-1: Metode purwarupa [sumber: Sanjay, 2014]

### 3 ANALISIS SISTEM

Analisis sistem mendiskusikan muatan informasi, evaluasi arsitektur umum dan identifikasi komponen teknologi untuk pengembangan.

#### 3.1 Muatan Informasi

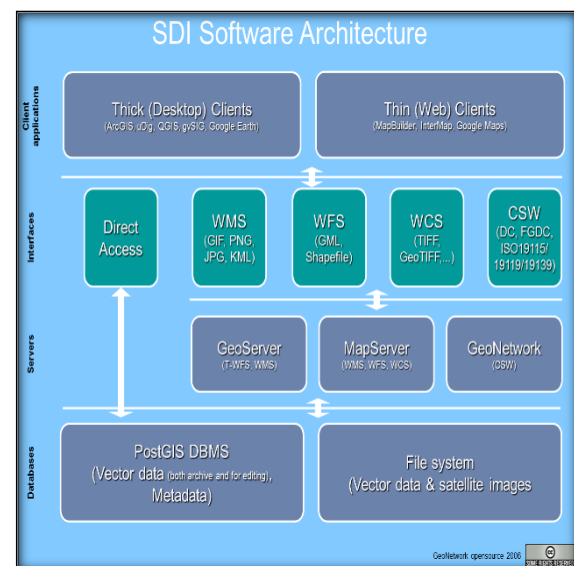
Litbangyasa untuk mendukung pengelolaan sumber daya alam, pemantauan lingkungan dan mitigasi kebencanaan menghasilkan IPJ dapat dalam bentuk vektor atau raster.

Model PDIPJ mengakomodasi layer informasi vektor dalam *shapefiles* dan raster dalam format *geotiff*.

#### 3.2 Arsitektur Umum

Model PDIPJ mengadopsi arsitektur umum Infrastruktur Informasi Sapsial (*Spatial Information Infrastruture*) dengan mengikuti konseptual *Software Three-Tiers Architecture*, kompatibel dengan usulan *Geospatial Free and Open Source Software (GeoFOSS) Spatial Data Infrastructure (SDI)* ditunjukkan seperti pada Gambar 3-1 [Ticheler, 2007].

Arsitektur tersebut merupakan pola desain dan arsitektur perangkat lunak yang sudah mapan, dimana proses logik fungsional penyimpanan, akses data dan antarmuka pengguna dikembangkan dan dipelihara sebagai modul bebas pada *platform* terpisah. *Tier* atau layer pada arsitektur tersebut memungkinkan untuk ditingkatkan atau diganti secara mandiri.



Gambar 3-1: Arsitektur Perangkat Lunak SDI [Sumber: Ticheler, 2007]

Operasi baca menggambarkan aliran akses informasi dalam arsitektur, mulai dari *layer* basis data melalui *layer server* dan antarmuka sampai ke layer aplikasi *Desktop GIS* atau *Web Browser (Peramban Web)*. Operasi tulis meng-

gambarakan aliran akses informasi kebalikan dari operasi baca.

Sub bab berikut mendiskusikan komponen dan fungsi masing-masing tier atau layer dan struktur logik proses operasi baca dan tulis informasi.

**3.2.1 Layer basis data**

Pada tier atau layer paling bawah, diintegrasikan, disusun dan disesuaikan tempat penyimpanan (*storage*) berupa server basis data dan sistem file IPJ dalam rangka mencapai manajemen data yang lebih efisien.

Perangkat lunak PostgreSQL/PostGIS (Obe, Regina O., 2011; PostGIS, 2013) digunakan sebagai *Spatial Database Management System (DBMS) Server* disusun dan disesuaikan untuk manajemen basis data IPJ dan Sistem tata kelola file atau berkas *raster* citra satelit dalam format GeoTiff.

**3.2.2 Layer server dan antarmuka**

Pada lapisan tengah disusun, disesuaikan dan diintegrasikan semua layanan yang membantu aksesibilitas ke repositori informasi spasial pemanfaatan PJ. Lapisan tengah juga menyediakan layanan akses langsung ke basis data IPJ dengan *query* tingkat lanjut dan analisis muatan informasi. Infrastruktur Informasi Spasial memiliki 3 (Tiga) server utama, yaitu: *Map Server*; *Web Service Server*; dan *Catalog Server*.

Server menyebarkan dan melayani muatan IPJ ke web, berdasarkan pada antarmuka standar (misalnya, *Web Map Service (WMS)*, *Web Feature Service (WFS)*, *Web Coverage Service (WCS)*, ISO 19115/139) untuk memfasilitasi akses dan penggunaan informasi PJ *online*.

**3.2.3 Layer aplikasi**

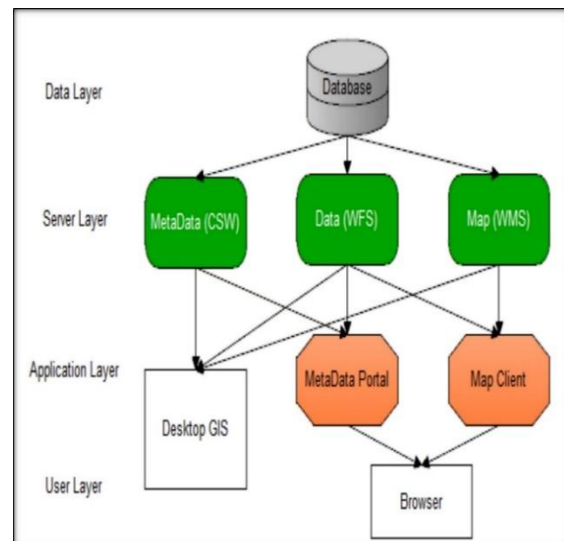
Pada lapisan atas berada pengguna dan aplikasi. Akses ke muatan informasi pemanfaatan PJ dimungkinkan baik

melalui *Desktop* maupun *Web client*. *Desktop client* dapat berupa paket perangkat lunak dengan kemampuan geovisualisasi dan fungsi *Desktop GIS*, seperti paket perangkat lunak GIS (ArcGIS dan Quantum GIS) atau *Map Viewer* (Google Earth).

**3.2.4 Operasi baca/tulis informasi**

Suatu aplikasi Web GIS terdiri dari tumpukan perangkat lunak (*stack of software*) yang mampu melayani IPJ melalui *web*. Struktur arsitekur akan mempertimbangkan dan mengacu pada komponen-komponen perangkat lunak lengkap untuk memenuhi kebutuhan atau persyaratan yang ditentukan oleh Model Pelaksanaan *FreeGIS* [Francesco, 2011].

Struktur Operasi baca (*GET*) IPJ seperti yang ditunjukkan pada diagram Gambar 3-2. **Layer Basis Data Penyimpan Informas:** operasi ini dapat ditangani dengan DBMS Spasial seperti PostgreSQL atau MySQL, dengan file seperti ESRI *Shape files*, *Extensible Markup Language (XML)*, file *JavaScript Object Notation (JSON)* atau menggunakan *Geospatial Web Service (WMS, WFS, atau WCS)*.



Gambar 3-2: Operasi baca informasi [sumber: Francesco, 2011]

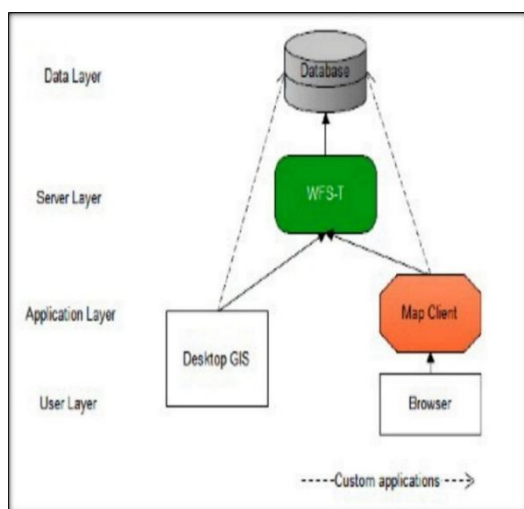
**Layer Server dan antarmuka** mendapatkan informasi dari *Layer Basis Data*, melakukan operasi pada informasi dan mempublikasikannya dalam layanan utama *Open Geospatial Consortium (OGC): Catalog Service for the Web (CSW)* untuk informasi katalog, *WMS* untuk gambar peta, *WFS* untuk informasi vektor dan *WCS* untuk informasi *raster*. Layanan tersebut dapat digunakan baik oleh aplikasi *Desktop GIS* (seperti *gvSIG* atau *GRASS*) atau aplikasi *web*.

Akhirnya, pengguna dapat menggunakan IPJ menggunakan peramban *web* seperti *Chrome* atau *Firefox*, dengan aplikasi *Desktop* atau *Mobile GIS*.

Tumpukan perangkat lunak tersebut merupakan aplikasi *web* berstandar *OGC*.

Operasi tulis (*EDIT*) untuk menyunting IPJ terstruktur seperti yang ditunjukkan pada diagram Gambar 3.3. Pengguna dapat menyunting IPJ dengan aplikasi *Desktop GIS* atau dengan peramban *internet* melalui aplikasi *web*.

Informasi tersebut kemudian dikirimkan melalui layanan *WFS Transaccional (WFS-T)* dan penyuntingan dalam *Layer Basis Data*.



Gambar 3-3: Operasi tulis informasi [sumber: Francesco, 2011]

Selain melalui standar *OGC*, data dapat disunting dari suatu aplikasi *GIS Desktop* yang langsung menyimpan hasil dalam *Server DBMS*. Aplikasi *web* juga dapat menyediakan penyuntingan data menggunakan kustomisasi sistem.

#### 4 PERANCANGAN MODEL PDIPJ

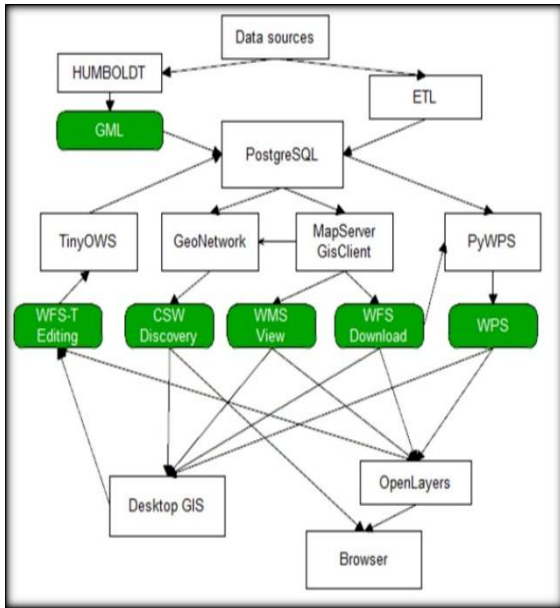
Setelah mengevaluasi dan mempertimbangkan sejumlah pilihan adopsi komponen-komponen teknologi utama sebagai paket *PLBST* yang dapat diintegrasikan ke dalam pengembangan Model *PDIPJ*, maka ditetapkan untuk mengadopsi dan mengadaptasi pendekatan Model Pelaksanaan *FreeGIS*, seperti dijelaskan pada Gambar 4-1 [Francesco, 2011].

Elemen hijau adalah standar *OGC* dan/atau *Infrastructure for Spatial Information in the Europe (INSPIRE)*, digunakan untuk pengintegrasian komponen-komponen perangkat lunak.

Model Pelaksanaan *FreeGIS* dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan berikut:

- Publikasi data melalui layanan *web* standar, seperti *WMS*, *WFS* dan *CSW*,
- Publikasi data mengikuti arahan dan aturan implementasi *INSPIRE*,
- Menyunting data menggunakan standar *WFS-T*,
- Menyimpan data dalam *DBMS* spasial,
- Mentransformasi data dari sumber yang berbeda ke format standar dan spesifikasi *INSPIRE* baik dengan transformasi satu waktu maupun otomatis, *on-the-fly*.

Menyediakan fungsionalitas *geo-processing* pada data yang dipublikasikan.



Gambar 4-1: Model Pelaksanaan Diseminasi [Sumber: Francesco, 2011]

#### 4.1 Teknologi Terbuka

Survei teknologi sumber terbuka difokuskan pada paket PLBST yang dirilis di bawah lisensi *General Public License* (GPL)-like, diadopsi oleh komunitas yang aktif, mendukung format standar, stabil dan handal [McArdle, 2015].

Teknologi utama dan Model Pelaksanaan dipilih agar dapat mengelola, menemukan, menganalisa dan menyebarkan informasi, sehingga Sistem PDIPJ melalui pengelolaan SPBN dapat dibangun dan dioperasikan dengan mudah.

Perangkat lunak berikut menjadi pertimbangan dan dilibatkan dalam perancangan model PDIPJ [Francesco, 2011]:

- Perangkat Lunak HUMBOLDT (<http://community.esdihumboldt.eu/>) *Framework* HUMBOLDT merupakan proyek Eropa yang bertujuan untuk berkontribusi pada implementasi Infrastruktur Informasi Spasial Eropa, peduli dengan proses harmonisasi data. *Framework* mencakup paket perangkat lunak yang berbeda, meliputi hampir semua transformasi geodata dan kebutuhan harmonisasi,

- Perangkat Lunak PostgreSQL (<http://www.postgresql.org/>). PostgreSQL merupakan DBMS sumber terbuka yang sangat canggih,
- Perangkat Lunak PostGIS (<http://postgis.refractor.net/>). PostGIS menambahkan dukungan untuk obyek geografis ke DBMS PostgreSQL, mengikuti *OpenGIS Simple Features Specification* untuk SQL,
- Perangkat Lunak MapServer (<http://mapserver.org/>) merupakan perangkat lunak pemetaan *web* yang paling banyak digunakan,
- Perangkat Lunak *GisClient* (<http://www.gisclient.net/>). *GisClient* menyediakan *Graphical User Interface* (GUI) untuk mengkonfigurasi *MapServer* dan aplikasi WebGIS kaya-fitur (*feature-rich*),
- Perangkat Lunak PyWPS (<http://pywps.wald.intevation.org/>). PyWPS menerapkan standar *Web Processing Service* (WPS), menyediakan fungsi *geoprocessing*,
- Perangkat Lunak *GeoNetwork* (<http://geonetwork-opensource.org/>), *GeoNetwork* merupakan aplikasi katalog untuk mengelola sumber daya berreferensi spasial (*spatially referenced resources*),
- Perangkat Lunak *OpenLayers* (<http://openlayers.org/>). *OpenLayers* menyediakan *Javascript Application Program Interface* (API) untuk mengintegrasikan peta dinamis ke dalam halaman *web* dengan mudah.

#### 4.2 Prosedure Operasi

Berawal dari sumber data yang berbeda, pengguna akan dapat mengubah data menggunakan perangkat lunak yang disediakan *Framework HUMBOLDT* atau kustomisasi proses *Extract, Transform and Load* (ETL) [Francesco, 2011].

Perangkat lunak *HUMBOLDT* dapat mengubah data dan memberikan aturan transformasi untuk digunakan dalam layanan WPS. Keluaran dari proses ini adalah file *Geography Markup Language* (GML), yang dapat diimpor ke dalam DBMS berkemampuan spasial, seperti PostgreSQL atau langsung dalam perangkat lunak pemetaan *web*, seperti *MapServer*.

Pengguna kemudian akan dapat mengkonfigurasi aplikasi *Web GIS*, akhirnya sesuai dengan spesifikasi *INSPIRE*, menggunakan *GisClient* untuk WMS dan WFS dan *GeoNetwork* untuk CSW. Fungsi penyuntingan akan disediakan oleh *TinyOWS*, menggunakan protokol WFS-T.

Fungsi *geoprocessing* akan disediakan menggunakan *pyWPS*. Hal ini memberikan kemungkinan untuk menggunakan fungsi dari *GRASS*, *R* dan, jika diperlukan, dapat mendefinisikan kustomisasi fungsi baru.

Dari perspektif klien, layanan yang disediakan akan tersedia menggunakan aplikasi yang memenuhi persyaratan standar *Desktop GIS* (seperti *gvSIG*, *GRASS* atau *QGIS*) atau *Peramban Web* (seperti *Firefox* atau *Chrome*). Dalam *peramban web*, fungsionalitas peta akan disediakan oleh (*library*) pustaka *Javascript OpenLayers*.

## 5 IMPLEMENTASI

Model Diseminasi telah diterapkan dalam sejumlah studi kasus pengelolaan (pengembangan dan pengoperasian) SPBN, seperti diuraikan dalam sub bab berikut.

### 5.1 Sistem Perangkat Lunak

Penerapan model PDIPJ telah mempertimbangkan sejumlah pilihan

adopsi teknologi terbuka sebagai paket PLBST.

Layer Basis Data – DBMS Spasial menggunakan pilihan perangkat lunak *PostgreSQL* dan *PostGIS*. *Layer Server* Antarmuka–*Web Map Server* menggunakan pilihan perangkat lunak *University Minnesota (UMN) MapServer* [Kropla, 2005], [Mapserver, 2014]. *Layer Aplikasi-Web Map Client* menggunakan pilihan perangkat lunak *pMapper* [pMapper, 2014] dan perangkat lunak *GeoMoose* [GeoMoose, 2014] sebagai *Web GIS Portal* pengganti perangkat lunak *GisClient*.

*Web GIS Portal* – *GeoMoose* merupakan kerangka pemetaan berbasis *peramban web* untuk menampilkan data kartografi terdistribusi. Hal ini sangat berguna untuk mengelola data spasial dan non-spasial dalam kabupaten, kota dan kantor kotamadya (dari mana *GeoMoose* berasal).

*GeoMoose* memperluas fungsi dari *MapServer* dan *OpenLayers* untuk menyediakan layanan terpasang tetap (*built in services*), seperti operasi identifikasi *drill-down* untuk melihat dan mengatur banyak *layer*, operasi seleksi dan pencarian kumpulan data.

*GeoMOOSE* berkinerja cepat dan baik dengan ratusan layanan pada *layer* suatu waktu. Data dari sejumlah kustodian dapat dipertahankan dengan *tool* dan pada jadwal yang berbeda.

Setiap *layer* mempunyai file konfigurasi tersendiri untuk publikasi, simbol, *template* serta sumber data. Antarmuka mudah dikonfigurasi dan layanan dapat ditambahkan melalui arsitektur yang modular.

### 5.2 Sistem PDIPJ Perubahan Tutupan Hutan

Salah satu produk standar yang dihasilkan dari program PJ *Indonesia National Carbon Accounting System* (INCAS) mosaik tahunan citra Landsat

(scene selection, ortho rectification, terrain correction, sun correction, cloud masking dan mosaik) multiwaktu seluruh Indonesia. Citra Landsat tersebut dimanfaatkan untuk memetakan penutup lahan khususnya lahan hutan seluruh Indonesia sebagai *input* untuk penghitungan [Parsa, 2013].

Pengintegrasian dan Penyajian Spasial Dinamis Informasi Perubahan Tutupan Hutan Dalam SPBN, dengan hasil penerapan model PDIPJ seperti ditunjukkan pada Gambar 5-1 [Sarno, 2015].

Gambar tersebut menunjukkan hasil operasi mengaktifkan semua *layer* dari *Group layers* Perubahan Tutupan Hutan.

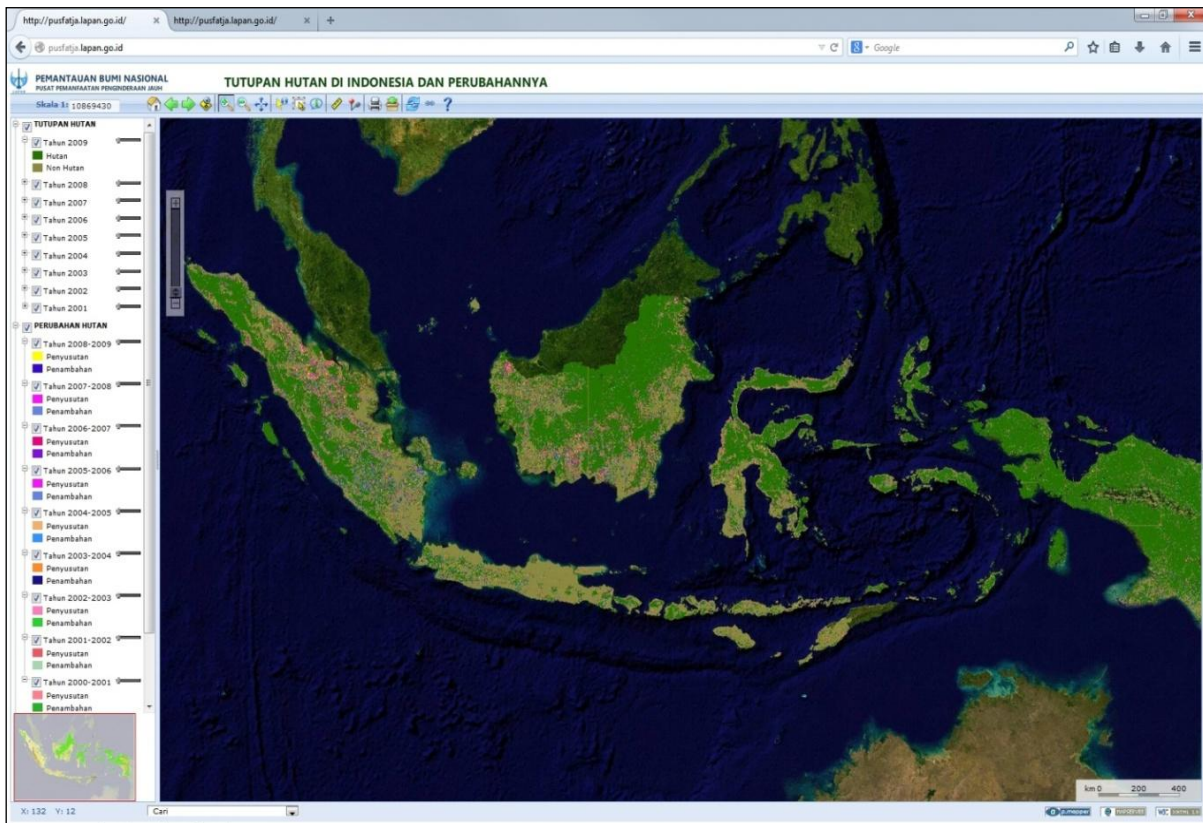
Visualisasi Spasial Dinamis-Operasi visualisasi menggunakan antarmuka berupa tombol navigasi. Antarmuka tersebut memungkinkan pengguna dapat secara mudah

berinteraksi menjalankan operasi fungsi sistem pemetaan *web* informasi perubahan tutupan hutan.

Untuk memperbesar atau memperkecil tampilan informasi digunakan tombol *Zoom-in* atau *Zoom-out* atau dapat menggunakan "*Zoom Control Slider*" yang terletak di bagian kiri tengah halaman utama, dengan menggeser *Control Slider*, ke atas atau ke bawah.

### 5.3 Sistem PDIPJ Sebaran Titik Panas

Sistem pemantauan kebakaran telah dibuat untuk pemantauan yang meliputi seluruh wilayah Indonesia yang memungkinkan untuk menghasilkan informasi yang penting dalam memerangi kebakaran secara efektif. Informasi tersebut akan memungkinkan deteksi awal kebakaran dan penyebarannya sehingga dapat meminimalkan penyebaran pada daerah di sekitarnya [Gustiandi, 2011].



Gambar 5-1: Sistem PDIPJ perubahan tutupan hutan

Pengembangan Kapasitas SPBN, Rancang Bangun Sistem Pemetaan Web Informasi Sebaran Titik Panas Dalam Mendukung Tanggap Darurat Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan, dengan hasil penerapan model PDIPJ seperti ditunjukkan pada Gambar 5-2 [Sarno, 2015].

Dalam Sistem PDIPJ tersebut telah diintegrasikan: Peta Dasar berupa Peta Batas Administrasi dan sebaran Gambut di Indonesia; *Grid* Peta; dan Informasi *backgrounds*. Informasi utama berupa informasi pemantauan sebaran titik panas harian berbasis pada data MODIS satelit Terra/Aqua.

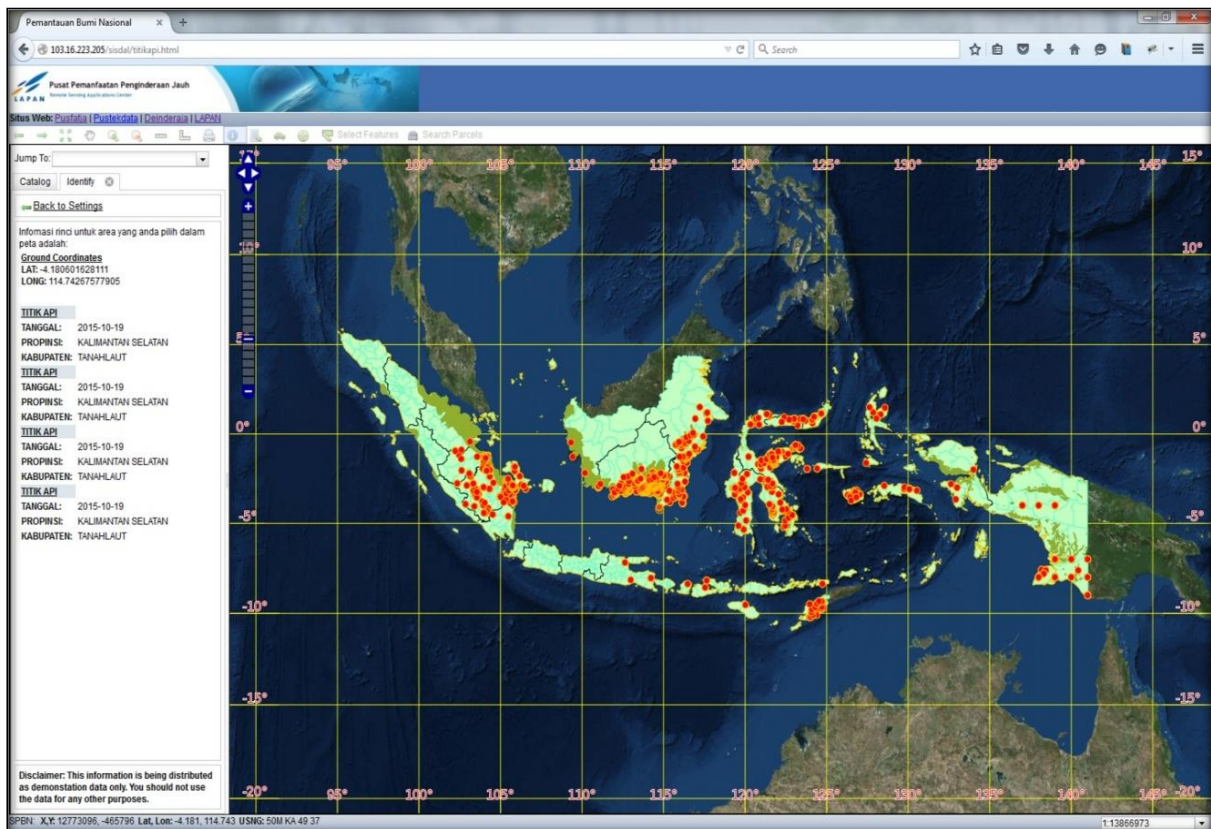
Melalui tombol navigasi pengguna dapat secara dinamis berinteraksi dengan menampilkan peta dan menemukan hubungan informasi yang diinginkan dalam peta Pengguna juga dapat memilih dan menjalankan operasi seperti *zoom-in* dan *zoom-out*, memperoleh informasi

rinci tertentu seperti identifikasi titik panas atau melakukan pencetakan pdf dengan *backgrounds* dari layanan *web* data terbuka, utamanya dari ESRI *Imagery*.

## 6 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan upaya tindak lanjut dari ketentuan peraturan dan perUndang-undangan, khususnya Undang-undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan Pasal 22 Ayat 1 yang mengamanatkan bahwa pemanfaatan data dan DIPJ wajib dilakukan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh Lembaga.

Penelitian telah menganalisis dan menerapkan model PDIPJ berbasis teknologi terbuka. Secara tidak langsung penelitian ini telah menawarkan alternatif solusi berupa rekomendasi pedoman dalam bentuk Model PDIPJ.



Gambar 5-2: Sistem PDIPJ sebaran titik panas



Analisis dititik-beratkan pada teknologi terbuka yang sudah ada untuk mengidentifikasi komponen-komponen dan hubungannya dalam suatu arsitektur dan mengembangkan representasi sistem pada tingkat abstraksi yang lebih tinggi dalam bentuk Model PDIPJ.

Setelah mengevaluasi sejumlah pilihan teknologi utama sebagai PLBST yang dapat diimplementasikan untuk mengelola, menemukan, menganalisa dan menyebarkan informasi, sehingga sistem PDIPJ melalui pengelolaan SPBN dapat dibangun dan dioperasikan dengan mudah, maka ditentukan perancangan cepat dengan mengadopsi arsitektur umum infrastruktur informasi spasial dan perancangan rinci mengadaptasi Model Pelaksanaan *FreeGIS*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah berhasil dilaksanakan analisis, perancangan dan implementasi model PDIPJ serta pengujian melalui purwarupa pengelolaan SPBN, antara lain dalam:

- Pengintegrasian dan penyajian spasial dinamis informasi perubahan tutupan hutan; dan
- Rancang bangun sistem pemetaan *web* informasi sebaran titik panas dalam mendukung tanggap darurat bencana kebakaran hutan dan lahan.

## 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Makalah ini telah mendiskusikan ketentuan peraturan dan perundang-undangan untuk mencoba menawarkan alternatif solusi berupa rekomendasi pedoman dalam bentuk model PDIPJ berbasis teknologi terbuka.

Diskusi diawali dengan memperkenalkan perumusan masalah, tujuan dan metodologi; dilanjutkan analisis muatan informasi dan arsitektur umum; perancangan cepat dan implementasi serta penerapan purwarupa menjadi sistem yang beroperasi secara penuh.

### 7.1 Kesimpulan

Model PDIPJ telah berhasil diimplementasikan berbasis teknologi terbuka dan dilakukan pengujian melalui purwarupa.

Penerapan purwarupa menjadi sistem PDIPJ yang beroperasi secara penuh dapat dikembangkan dengan biaya murah dan antarmuka yang ramah pengguna (*user friendly interface*).

### 7.2 Saran

Model PDIPJ masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Pengembangan tersebut meliputi adopsi dan adaptasi teknologi utama sebagai PLBST, serta penerapannya agar lebih sesuai dengan kebutuhan lembaga dan cakupan muatan DIPJ yang lebih luas.

Pengembangan lebih lanjut perlu pada **Layer Aplikasi** – *Web map client*, sehingga usability antarmuka *web* dapat secara lebih baik mendukung *query* dan menyajikan tampilan ringkas statistik dari sejumlah informasi yang tersedia untuk disajikan dalam bentuk grafik atau *chat*, selain dalam bentuk peta dan tabel.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya disampaikan kepada teman-teman di Pusfatja – LAPAN dan Kelompok Jabatan Fungsional, atas kebersamaan dalam pelaksanaan kegiatan.

### DAFTAR RUJUKAN

- Aunur, R. Mulyanto, 2008. *Rekayasa Perangkat Lunak Jilid 1 untuk SMK*, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Brian, N. Hilton, 2014. *Open Source Software, Web Services, and Internet-Based Geographic Information System Development*, <http://www.cartogis.org/docs/proceedings/2005/hilton.pdf>., Diakses Agustus 2014.

- Francesco, D., et. al., 2011. *Analysis of the Free GIS Software Applications in respect to INSPIRE services and OGC standards.*
- Gustiandi, Budi, 2011. *Rancang Bangun Sistem Penampilan Dinamika Titik Panas di Indonesia Berbasis Keyhole Markup Language (KML) Dinamis*, Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 8, 2011.
- Geomoose, 2014, *Documentation.*, <http://www.geomoose.org/>, Diakses September 2014.
- Kropka, B., *Beginning mapserver: open source gis development*, Appres, USA., 2005.
- McArdle, Gavin, 2015. *An Open-Source Web Architecture for Adaptive Location-Based Services*, [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/part2/Papers/28\\_Paper.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/part2/Papers/28_Paper.pdf)., Diakses Maret 2015.
- MapServer, 2014. *Documentation.*, <http://mapserver.org/>, Diakses pada bulan Maret 2014.
- Obe, Regina O., et. al., 2011. *Postgis in action*, Manning, USA.
- Parsa, I. Made, 2013. *Kajian Pendekatan Teori Probabilitas untuk Pemetaan Lahan Sawah Berbasis Perubahan Penutup Lahan Citra Landsat Multiwaktu*, Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 10 No. 2 Desember 2013: 113-121.
- Perka LAPAN No. 8, 2015. *Peraturan Kepala Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional Nomor 8 Tahun 2015 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*, Jakarta, Indonesia.
- Perpres No. 49, 2015. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2015 Tentang Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*, Jakarta, Indonesia.
- pMapper, 2014. *Documentation*, <http://www.pmapper.net/>., Diakses Maret 2014.
- PostGIS, 2013. *PostGIS 1.5 Manual.*, <http://postgis.net/>, Diakses Oktober 2013.
- Sanjay, Singh, 2014. *Software Development Life Cycle.*, <http://www.c-sharpcorner.com/UploadFile/2cb323/software-development-life-cycle/>, Diakses Juni 2016.
- Sarno, 2015. *Pengintegrasian dan Penyajian Spasial Dinamis Informasi Tutupan Hutan dan Perubahannya Dalam Sistem Pemantauan Bumi Nasional*, Majalah Berita Dirgantara, Vol. 16. No. 2, 2015
- Sarno, 2015. *Rancang Bangun Sistem Pemetaan Web Informasi Sebaran Titik Panas Dalam Mendukung Tanggap Darurat Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh, 2015.
- Ticheler J., 2007. *SDI Software Architecture*, <http://geonetwork-opensource.org/download/SDI-Architecture.ppt>.
- UU No. 21, 2013. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2013 Tentang Keantariksaan*, Jakarta, Indonesia.

**KLASIFIKASI PENUTUP/PENGGUNAAN LAHAN DENGAN DATA  
SATELIT PENGINDERAAN JAUH HIPERSPEKTRAL (HYPERION)  
MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK TIRUAN  
(LAND-USE/LAND-COVER CLASSIFICATION WITH HYPERSPECTRAL  
REMOTE SENSING SATELLITE DATA USING ARTIFICIAL NEURAL  
NETWORKS METHOD)**

**Dony Kushardono**

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

e-mail : dony\_kushardono@lapan.go.id

Diterima 19 Agustus 2016; Direvisi 2 Desember 2016; Disetujui 13 Desember 2016

**ABSTRACT**

Hyperspectral remote sensing data has numerous spectral information for the land-use/land-cover (LULC) classification, but a large number of hyperspectral band data is becoming a problem in the LULC classification. This research proposes the use of the back propagation neural network for LULC classification with hyperspectral remote sensing data. Neural network used in this study is three layers, in which to test input layer has a number of neurons as many as 242 to process all band data, 163 neurons, and 50 neurons to process the data band has a high average digital number, and data bands at wavelengths of visible to near infrared. The results showed the use of all the data band hyperspectral on classification with the neural network has the highest classification accuracy of up to 98% for 18 LULC class, but it takes a very long time. Selecting a number of bands of precise data for classification with a neural network, in addition to speeding up data processing time, can also provide sufficient accuracy classification results.

Keywords: *Hyperspectral, LULC, Classification, Neural network*

## ABSTRAK

Data penginderaan jauh hiperspektral memiliki informasi spektral yang sangat banyak untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan (LULC), akan tetapi banyaknya jumlah *band* data hiperspektral menjadi masalah dalam klasifikasi LULC. Penelitian ini mengusulkan penggunaan *back propagation neural network* untuk klasifikasi LULC dengan data penginderaan jauh hiperspektral. *Neural network* yang dipergunakan 3 lapis, dimana untuk uji coba lapis masukan memiliki jumlah *neuron* sebanyak 242 untuk mengolah seluruh *band*, 163 *neuron*, dan 50 *neuron* untuk mengolah data *band* yang memiliki nilai digital rata-rata yang tinggi, dan data *band* pada panjang gelombang cahaya tampak hingga infra merah dekat. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan seluruh *band* data hiperspektral pada klasifikasi dengan *neural network* memiliki akurasi hasil klasifikasi tertinggi hingga 98% untuk 18 kelas LULC, akan tetapi waktu yang diperlukan sangat lama. Pemilihan sejumlah *band* data yang tepat untuk klasifikasi dengan *neural network*, selain mempercepat waktu pengolahan data, juga bisa memberikan akurasi hasil klasifikasi yang mencukupi.

Kata Kunci : *Hiperspektral, LULC, Klasifikasi, Neural network*

### 1 PENDAHULUAN

Rendahnya keakuratan hasil klasifikasi penutup/penggunaan lahan dengan data penginderaan jauh (inderaja) secara digital adalah karena kurangnya informasi yang diperlukan untuk membedakan obyek lahan. Pada klasifikasi penutup/penggunaan lahan dengan hanya mempergunakan informasi spektral dari data penginderaan jauh, dipandang tidak bisa meningkatkan akurasi hasil klasifikasinya [Kushardono *et.al.*, 1995a, Whiteside dan Ahmad, 2005]. Untuk itu guna meningkatkan akurasi hasil klasifikasi tersebut, saat ini banyak diusulkan penggunaan informasi spasial [Kushardono *et.al.*, 1995a, Sun *et al.*, 2005, Whiteside dan Ahmad, 2005, Sari dan Kushardono, 2014], penggunaan informasi spektral beda waktu dari data inderaja multi-temporal [Kushardono *et al.*, 1995b, Muller *et al.*, 2004, Deilmai *et al.*, 2014], penggunaan informasi gabungan spasial dan temporal [Kushardono *et al.*, 1995b], penggunaan informasi multisensor dari data inderaja optic dan radar [Kushardono, 1997a]. Dengan kata lain penelitian sebelumnya mengatakan semakin banyak informasi penginderaan jauh yang dipergunakan untuk klasifikasi obyek penutup/penggunaan lahan, akurasinya makin meningkat.

Dengan telah diluncurkannya satelit EO-1 yang dilengkapi pengindera

hiperspektral Hyperion 242 *band* pada panjang gelombang 400 nm hingga 2500 nm (Beck, 2003), maka penggunaan informasi inderaja untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan secara digital menjadi tidak hanya terbatas pada data multispektral tiga hingga delapan *band*. Dengan demikian meningkatkan akurasi hasil klasifikasi penutup/penggunaan lahan diharapkan dapat dilakukan dengan masukan informasi data hiperspektral.

Muhammad dan Arjasakusuma (2010) melakukan klasifikasi dengan data hiperspektral berbasis metode *spectral angle mapper* dari data spektral lapangan, tetapi hasil klasifikasinya masih rendah. Craig dan Shan (2002) mengusulkan metode pengolahan klasifikasi dengan data hiperspektral penggunaan metode PCA pada data AVIRIS 60 *band*, tetapi hasilnya juga masih belum tinggi dibanding penggunaan data asli seluruh *band* (Du *et al.*, 2006). Untuk meningkatkan pengelompokan dalam klasifikasi, Kitti *et al.* (2012) mengusulkan metode penggabungan informasi PCA dan *informations gain* dari data hiperspektral. Sedang Ablin dan Sulochana (2013) mengusulkan penggunaan informasi spektral dan spasial untuk meningkatkan akurasi hasil klasifikasi dengan data hiperspektral.

Permasalahan klasifikasi penutup/penggunaan lahan secara digital meng-

gunakan data inderaja hiperspektral adalah bagaimana caranya memperoleh informasi dari ratusan *band* data tersebut untuk pengklasifikasi. Untuk mendapatkan informasi maksimal dari seluruh *band* data hiperspektral dalam klasifikasi penutup/penggunaan lahan, penelitian ini mengusulkan metode pengklasifikasi *neural networks*, dimana berdasarkan penelitian sebelumnya pengklasifikasi *neural networks* memiliki kemampuan mengolah data *volume* besar (Kushardono, 1997b).

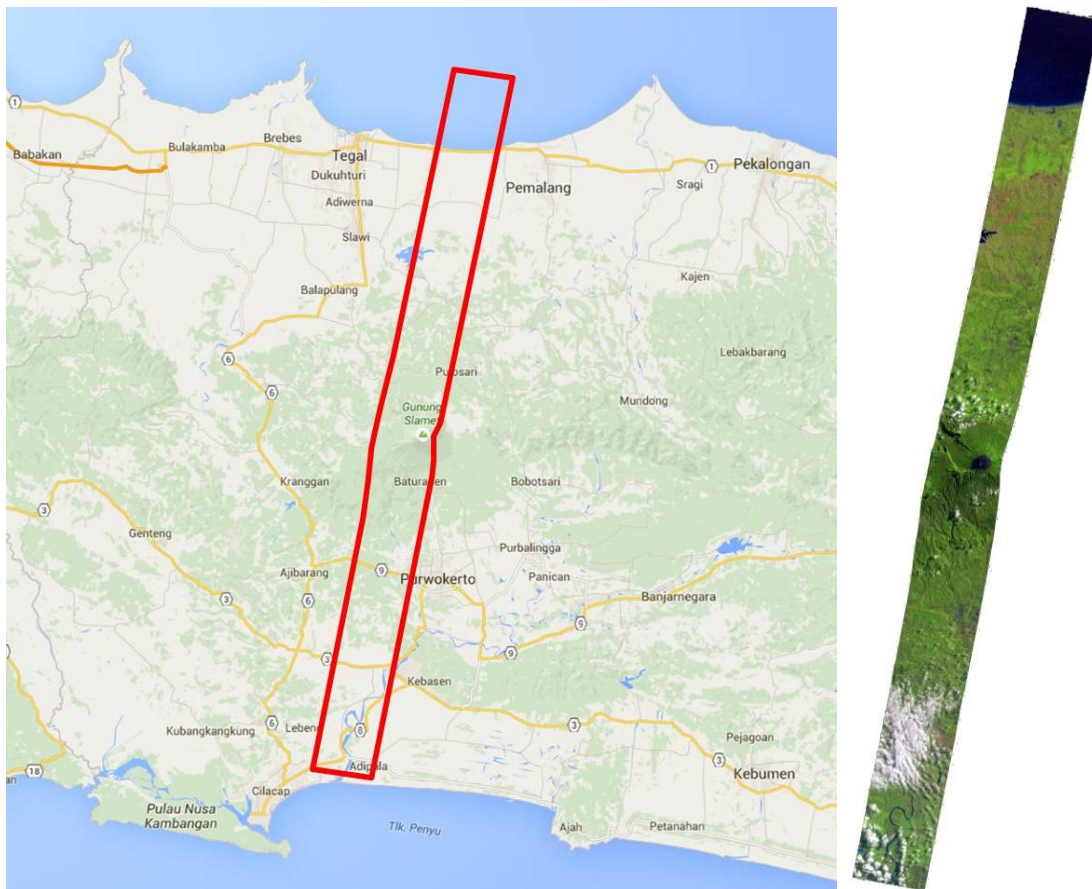
## 2 BAHAN DAN METODE

### 2.1 Lokasi dan Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah Data Satelit EO-1 Hyperion 242 *band*, 16 bit data, resolusi spasial 30m dan luas cakupan 7,5 km kali 100

km, level data koreksi terain (Level 1Gst), format GeoTIFF, serta tanggal akuisisi data 5 Agustus 2014. Adapun daerah cakupan datanya pada sebagian Kabupaten Pemalang, Gunung Slamet, Kabupaten Purwokerto hingga Kabupaten Cilacap seperti pada Gambar 2-1. Dimana dipilihnya daerah ini karena adanya keberagaman penutup/penggunaan lahan mulai dari laut hingga pegunungan.

Sebagai data referensi juga dipergunakan data satelit resolusi spasial tinggi pada 29 Juli 2014 sebagaimana contoh pada Gambar 2-2, untuk mendukung pembuatan data referensi yakni *training data* untuk pembelajaran dalam klasifikasi dan *test site data* untuk menguji akurasi hasil klasifikasi.



Gambar 2-1: Lokasi dan data hiperspektral yang dipergunakan

## 2.2 Metode

Pengklasifikasi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah *Back propagation neural networks* atau BPNN (Kushardono, 1997b), yakni seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2-3, jenis *neural network* yang berlapis-lapis, terdiri dari lapis masukan yang memiliki jumlah *neuron* untuk memasukan *band* data hiperspektral, satu lapis tengah dengan sejumlah *neuron* dan *neuron* pada lapis keluaran untuk mendapatkan hasil klasifikasi. Dimana BPNN yang pada penelitian sebelumnya menggunakan lapis masukan dengan jumlah *neuron* sedikit sejumlah *band* spektral data Landsat TM atau SPOT, pada penelitian ini untuk dapat mengolah data hiperspektral jumlah *neuron* pada lapis masukan didisain hingga ratusan. Selain itu untuk mengetahui jumlah yang optimal *band* hiperspektral untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan, diujicoba berbagai *band* spektral yang dimasukan berdasarkan hasil kajian statistik datanya.

Tahapan pengolahan klasifikasi dengan BPNN dilakukan sebagai berikut,

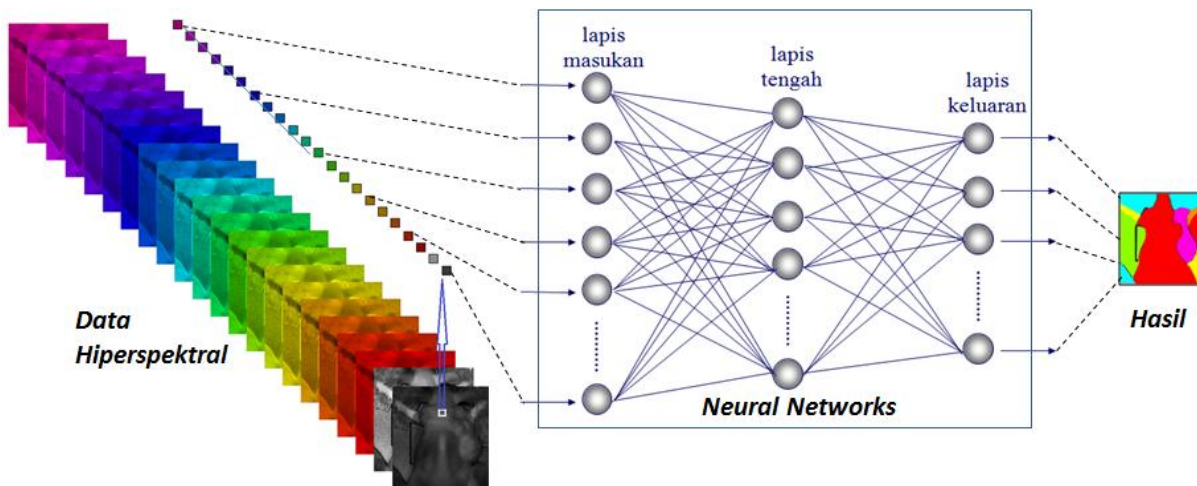
- a. Penentuan kelas penutup/penggunaan lahan dilakukan dengan interpretasi visual pada citra hiperspektral 3 *band* yang dipilih mewakili *band* merah, hijau dan inframerah dekat, dengan referensi citra satelit resolusi tinggi Gambar 2-2,
- b. Berdasarkan interpretasi visual pola yang nampak pada citra diidentifikasi 18 kelas penutup/penggunaan lahan

untuk pemetaan skala 1:50.000 berdasarkan SNI 7645:2010 seperti pada Tabel 2-1 yang dipergunakan sebagai data pembimbing (*training data*) dalam klasifikasi,

- c. Arsitektur BPNN yang dipergunakan adalah lapis masukan terdiri dari *neuron-neuron* yang jumlahnya sama dengan jumlah *band* data yang dimasukan, sedang lapis tengah jumlah *neuron*-nya adalah 2 kali jumlah *neuron* pada lapis keluaran yang merupakan jumlah optimum sebagaimana hasil penelitian sebelumnya (Kushardono, 1995a), dan lapis keluaran jumlah *neuron*-nya 18 sama dengan jumlah kelas penutup/penggunaan lahan,
- d. Klasifikasi penutup/penggunaan lahan menggunakan BPNN dilakukan dengan memasukan seluruh *band* (242 *band*) atau sebagian *band* data hiperspektral, dimana hasilnya akan dibandingkan untuk mendapatkan jumlah *band* yang optimum dalam klasifikasi. Pembelajaran BPNN menggunakan *training data* dilakukan hingga maksimum 10.000 iterasi pembelajaran atau hingga RMS *error*-nya kurang dari 0,01,
- e. Evaluasi hasil klasifikasi dilakukan dengan menggunakan data uji (*test site Data*) dari 18 kelas penutup/penggunaan lahan sebagaimana Tabel 2-1, dimana *test site data* diperoleh berdasarkan interpretasi visual dan bantuan citra referensi pada daerah diluar daerah *training data*.





















Gambar 2-2: Sebagian citra satelit resolusi tinggi sebagai referensi (Sumber: Google Earth)



Gambar 2-3: Model klasifikasi berbasis *Neural Networks*

Tabel 2-1: KELAS PENUTUP/PENGGUNAAN LAHAN YANG DIPERGUNAKAN

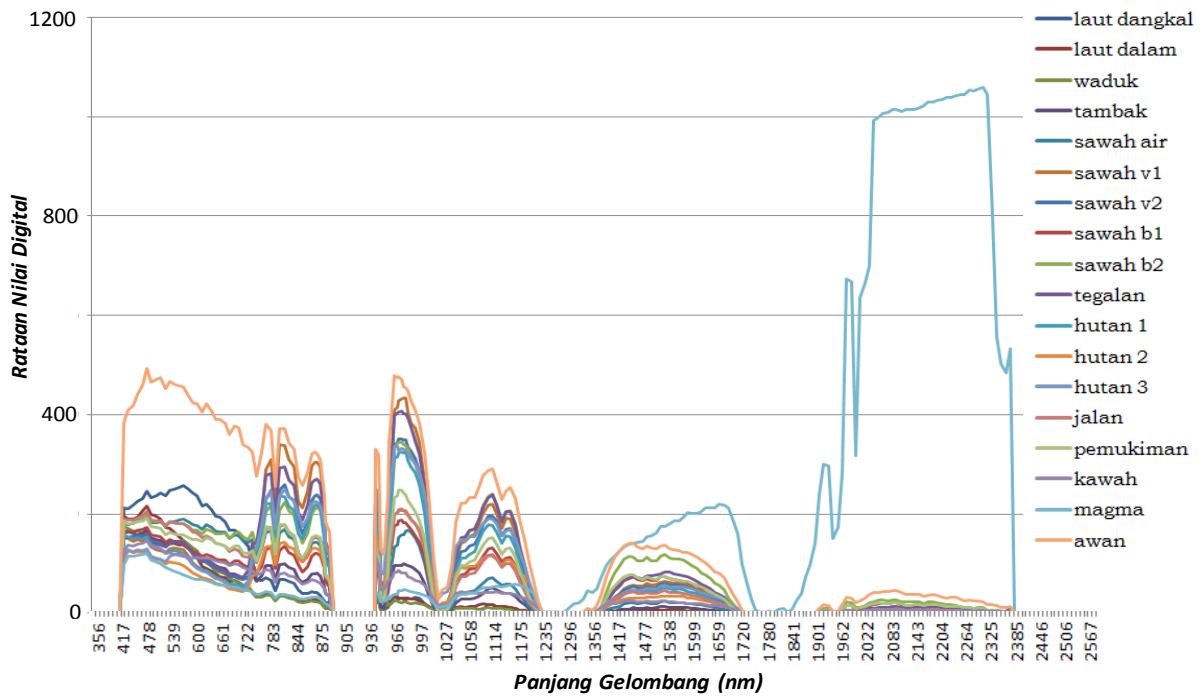
No	Kelas	Kelas SNI 7645:2010	Warna	Keterangan Lokasi	Luasan (M <sup>2</sup> )	
					Training	Test Site
1	Laut dalam	Laut		Laut Jawa	8.089,4	88.983,8
2	Laut dangkal	Laut		Pesisir Laut Jawa	8.089,4	73.703,8
3	Waduk	Waduk		Waduk Cacaban-Tegal	8.089,4	133.026,4
4	Jalan	Jaringan Jalan		Jalan Pantura di Suradadi	8.988,3	40.447,2
5	Pemukiman	Pemukiman		Pemukiman di Suradadi	9.887,1	48.536,6
6	Tambak	Tambak Ikan		Tambak dan kolam ikan di Suradadi	8.089,4	62.019,0
7	Sawah air	Sawah Irigasi		Sawah fase air di Suradadi	9.887,1	89.882,7
8	Sawah v1	Sawah Irigasi		Sawah fase vegetatif awal di Suradadi	9.887,1	86.287,4
9	Sawah v2	Sawah Irigasi		Sawah fase vegetatif di Suradadi	8.089,4	75.501,4
10	Sawah b1	Sawah Irigasi		Sawah fase panen di Suradadi	8.089,4	44.941,3
11	Sawah b2	Sawah Irigasi		Sawah fase bera di Suradadi	8.089,4	52.131,9
12	Tegalan	ladang		Kebun campuran di Kedung Banteng	8.089,4	38.649,5
13	Hutan 1	Hutan Jati		Hutan Jati di Kedung Banteng	8.089,4	85.388,5
14	Hutan 2	Hutan lahan kering		Hutan di Lereng Gunung Slamet	8.089,4	139.318,1
15	Hutan 3	Hutan lahan kering		Hutan semak di lereng Gunung Slamet	9.887,1	51.233,1
16	Kawah 1	Kaldera		Lereng kawah Gunung Slamet	8.089,4	99.769,7
17	Kawah 2	Lahar		Magma Gunung Slamet	8.089,4	27.863,6
18	Tidak ada info	-		Daerah tertutup awan	8.089,4	94.376,8

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari *Training Data* yang diperoleh dilakukan analisis statistik diperoleh histogram nilai rata-rata 18 kelas penutup/penggunaan lahan seperti pada Gambar 3-1 di bawah, dimana nampak keterpisahan antar kelas cukup baik hampir pada seluruh panjang gelombang yang tercakup pada sensor Hyperion antara 400nm hingga 2500nm

yang terbagi dalam 242 *band*. Maka dilakukan klasifikasi BPNN dengan masukan 242 *band data Hyperion* dan diperoleh hasil klasifikasi seperti pada Gambar 3-3(a), dimana setelah dilakukan evaluasi akurasi hasil klasifikasinya mempergunakan *Test Site Data* diperoleh pengukuran hasilnya seperti Pada Tabel 3-1.





Gambar 3-1: Statistik data hiperspektral pada 18 kelas penutup/penggunaan lahan

Tabel 3-1: AKURASI HASIL KLASIFIKASI BPNN UNTUK 242 BAND SEBAGAI DATA MASUKAN

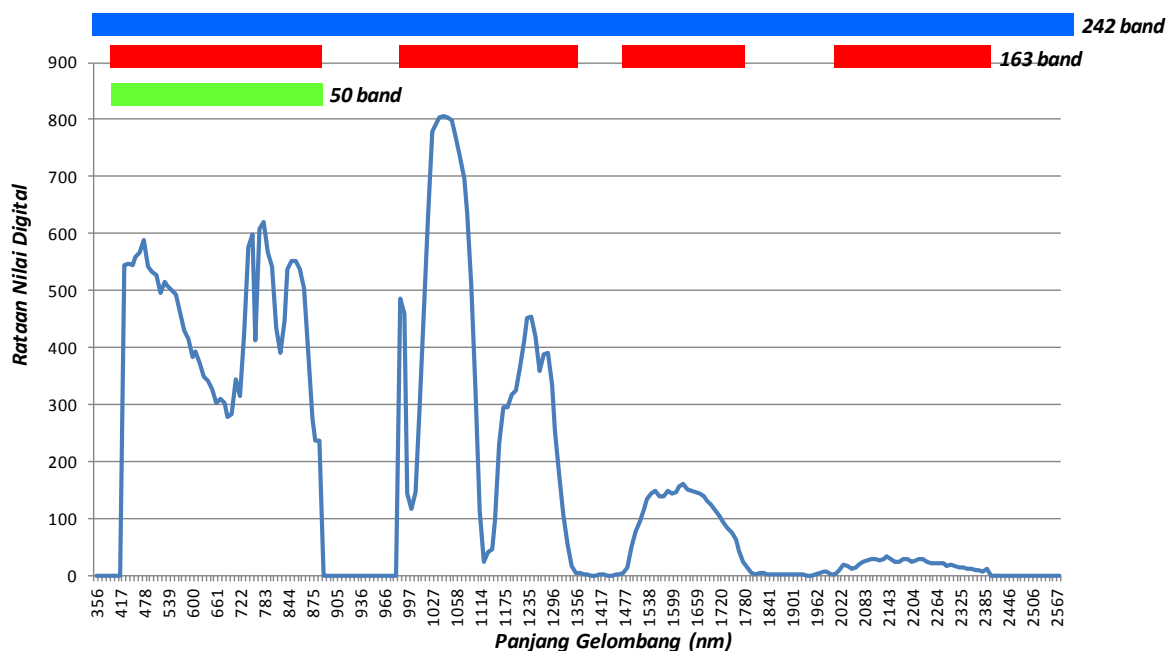
Kelas Hasil	Test Site Data																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	93.3	0	0	0	0	1.19	0	1.72	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	6.7	100	0	0	0	1.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	1.05	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	97.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98.3	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1.75	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98.3	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	53.57	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46.4	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Sebagai perbandingan pada penelitian ini juga dilakukan klasifikasi BPNN mempergunakan data hiperspektral dan *training data* yang sama, dengan masukan 163 *band* dan 50 *band* data. Dimana 163 *band* diambil pada *band-band* data yang secara statistik memiliki nilai rata-rata tinggi sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 3-2, sedang 50 *band* diambil dari *band-band* data dengan rata-rata yang tinggi pada daerah panjang gelombang cahaya tampak hingga inframerah dekat (400nm~880nm). Selain itu sebagai pembandingan juga dilakukan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood* dengan masukan data informasi utama PCA (MLL PCA) sebagaimana yang diusulkan Mader *et al.* (2006) dari data Hyperion dan *training data* yang sama. Adapun hasilnya adalah seperti pada Gambar 3-3(b), (c), (d) dengan akurasi hasil klasifikasi seperti pada Tabel 3-2.

Pada perbandingan hasil klasifikasi Gambar 3-3, sekilas nampak bahwa hasil BPNN dengan 242 *band* data sebagai masukan, sama dengan 163 *band* data dan 50 *band* data untuk klasifikasi terhadap 18 kelas penutup/penggunaan lahan. Akan tetapi hasil

sangat berbeda dan nampak kurang baik pada hasil klasifikasi menggunakan MLL PCA. Hal ini disebabkan karena pada klasifikasi MLL PCA yang mempergunakan data 5 komponen utama PCA sebagai masukan tersebut tidak mampu mewakili seluruh informasi spektral pada 242 *band* data hiperspektral.

Dari pengukuran akurasi hasil klasifikasi dan waktu pengolahan datanya Tabel 3-2, terlihat bahwa walaupun pada MLL PCA waktu pengolahan datanya sangat cepat yakni tidak sampai satu menit, tetapi akurasi hasil klasifikasinya tidak lebih baik dibanding BPNN. Sedang pada klasifikasi BPNN penggunaan seluruh *band* data atau 242 *band* data akurasinya tertinggi dan 2% lebih tinggi dari BPNN dengan 163 *band* maupun 50 *band*, tetapi waktu pengolahannya menggunakan masukan seluruh *band* untuk pembelajaran *neural network* satu menit lebih lama dan untuk klasifikasi 18 menit lebih lama dibanding menggunakan masukan 163 *band*, bahkan jauh lebih lama 45 menit untuk pembelajaran dan 1 jam lebih dibanding dengan masukan 50 *band* data.



Gambar 3-2: Statistik data hiperspektral yang dipergunakan dan jumlah *band* data sebagai *input* dalam klasifikasi

Diperolehnya akurasi hasil klasifikasi BPNN dengan masukan 50 *band* pada panjang gelombang cahaya tampak hingga inframerah dekat yang sudah cukup tinggi, disebabkan karena untuk 18 kelas LULC yang dijadikan target klasifikasi sebagaimana terlihat pada statistik Gambar 3-1, pada panjang gelombang tersebut keterpisahan antar kelasnya sudah nyata.

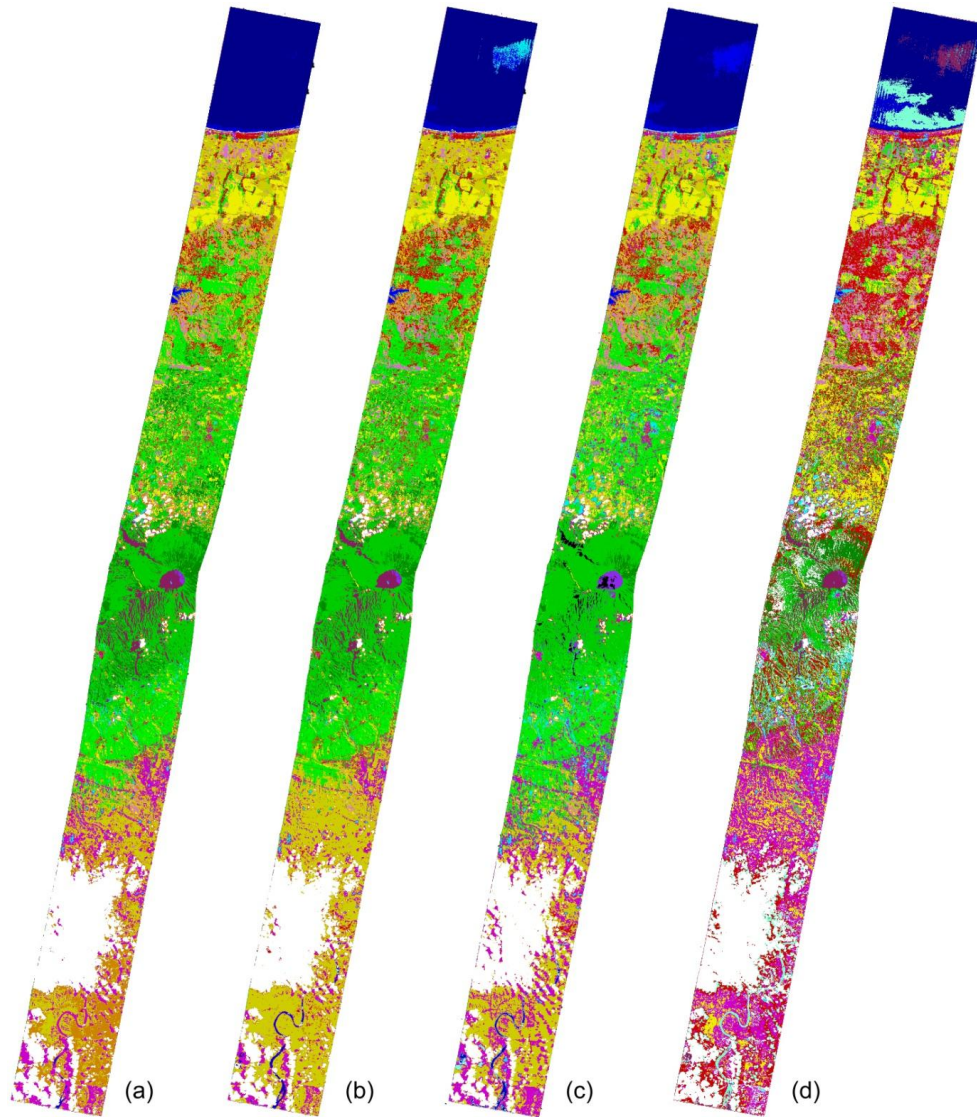
Demikian pula jumlah iterasi dalam pembelajaran BPNN untuk mencapai RMS *error* klasifikasi yang ditetapkan kurang dari 0.01, sebagaimana terlihat pada Gambar 3-4, makin banyak jumlah *band* data hiperspektral sebagai masukan, semakin banyak jumlah iterasi untuk mencapai RMS *error* yang diinginkan, yakni pada masukan 242 *band* dibutuhkan 9233 iterasi, 163 *band* 8717 iterasi, dan 50 *band* 7356 iterasi. Hal tersebut disebabkan semakin banyak *band* data masukan semakin banyak interaksi antar *neuron* lapis tengah dan lapis masukan pada *neural network*, yang berarti semakin banyak *update* parameter *gain offset* antar *neuron* (Kushardono, 1997) tiap kali iterasi untuk upaya menurunkan RMS *error*, dimana nampak pula pada Gambar 3-4 *gain offset* antar *neuron* tersebut yang awalnya ditentukan acak, semakin banyak *neuron*, penurunan RMS *error*-nya semakin sulit terutama pada awal-awal iterasi. Dengan demikian jumlah penggunaan *band* data pilihan sesuai obyek lahan yang diklasifikasi sebagai masukan dalam BPNN, semakin sedikit semakin cepat waktu pembelajaran dan klasifikasinya.

Tingginya akurasi hasil klasifikasi pada penggunaan model 242 kanal, selain jumlah *neuron* lapis masukan yang berhubungan dengan *neuron* lapis tengah menjadi semakin banyak, dimana pada penelitian Kushardono *et al.* (1995a) jumlah *neuron* pada lapisan ini semakin banyak semakin memudahkan pengklasifikasi *neural network* dalam membedakan kelas, terutama pada klasifikasi dengan jumlah kelas penutup lahannya yang banyak. Selain itu dengan model 163 kanal yang tidak mempergunakan informasi pada panjang 1235nm hingga 1356nm dan 1721nm hingga 1900nm, sebagaimana nampak pada Gambar 3-1 pada daerah panjang gelombang tersebut masih terdapat sebagian informasi kelas lahan utamanya kawah dan magma, yang kemungkinan informasi ini dijadikan pembeda utama dalam klasifikasi non parametrik ini pada *neuron* yang terkait, sehingga menyebabkan turunnya akurasi hasil kelas lahan ini menjadi 88% dan 44% dibanding dengan model 242 kanal yang akurasinya dapat mencapai 100% dan 46%. Sedang pada model penggunaan 163 kanal dan 50 kanal sebagai masukan dalam klasifikasi dengan BPNN memiliki akurasi hasil hampir tidak berbeda, itu disebabkan untuk klasifikasi kelas lahan pemukiman, sawah, tegalan, hutan dan perairan dengan data pada panjang gelombang 406nm hingga 902 nm yang dipergunakan model 50 kanal sebagaimana nampak pada Gambar 3-1 untuk kelas-kelas lahan tersebut sudah dapat mudah dapat dibedakan dalam klasifikasinya.

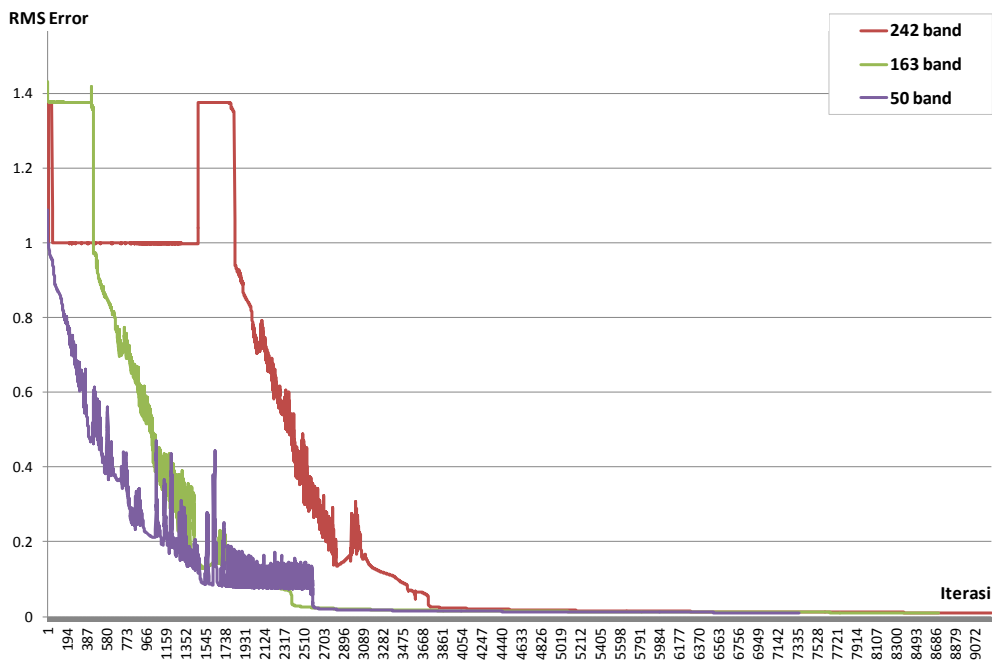
Tabel 3-2: PERBANDINGAN AKURASI HASIL KLASIFIKASI DAN WAKTU PENGOLAHANNYA

Metode	Overall Akurasi (%)	Kappa	Waktu Pengolahan*)	
			Pembelajaran	Klasifikasi
BPNN 242 <i>band</i>	98.44	0.98	49menit 24detik	69menit 32detik
BPNN 163 <i>band</i>	96.75	0.97	48menit 50detik	41menit 57detik
BPNN 50 <i>band</i>	96.22	0.96	4menit	2menit 19detik
MLL PCA	81.24	0.80	52 detik	

\*) pada Komputer Core I3, 2.7GHz processor, RAM 4GB



Gambar 3-3: Perbandingan hasil klasifikasi, (a) 242 band, (b) 163 band, (c) 50 band, (d) MLL PCA



Gambar 3-4: Perbandingan proses pembelajaran klasifikasi BPNN dengan masukan 242 band, 163 band dan 50 band

#### 4 KESIMPULAN

Penelitian ini telah menguji penggunaan *back propagation neural network* untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan dengan data penginderaan jauh hiperspektral.

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan seluruh *band* data hiperspektral pada klasifikasi dengan *neural network* memiliki akurasi hasil klasifikasi sangat tinggi, akan tetapi waktu yang diperlukan sangat lama.

Dari penelitian ini juga telah dibuktikan bahwa pemilihan sejumlah *band* data yang tepat sesuai karakteristik spektral obyek lahannya untuk klasifikasi, selain mempercepat waktu pengolahan data dalam klasifikasi menggunakan *neural network* juga bisa memberikan akurasi hasil klasifikasi yang mencukupi.

Pada penelitian ini, *band* data Hyperion yang optimum untuk klasifikasi 18 kelas penutup/penggunaan lahan adalah 50 *band* data pada panjang gelombang cahaya tampak hingga inframerah dekat yang dipilih secara statistik memiliki nilai digital tinggi, dengan akurasi hasil klasifikasi mencapai 96% atau hanya 2% lebih rendah tetapi waktu pengolahannya 20 kali lebih cepat dibanding menggunakan seluruh band hiperspektral.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada NASA's *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC) untuk Data EO-1 Hyperion yang dipergunakan pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ir. Mahdi Kartasmita MS. PhD. yang telah memberikan masukan untuk penyempurnaan penulisan makalah ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

Ablin R. And C.H. Sulochana, 2013. *A Survey of Hyperspectral Image Classification in Remote Sensing*, Inter. J. of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, Vol. 2, Issue 8, pp.2986-3000.

- Beck R. (ed), 2003. *EO-1 users Guide v.2.3*, Cincinnati Univ., Ohio, Amerika, <http://eo1.usgs.gov/> (diunduh Januari 2016).
- Craig R., and J. Shan, 2002. *Principal Component Analysis for Hyperspectral Image Classification*, Surveying and Land Information Systems, Vol. 62, No. 2, pp.115-123.
- Deilmai B.R., K.D. Kanniah, A.W. Rasib and A. Ariffin, 2014. *Comparison of Pixel - Based and Artificial Neural Networks Classification Methods for Detecting Forest Cover Changes in Malaysia*, IOP Conf. Ser.: Earth Environ, Sci. 18 012069.
- Du Q., I. Kopriva, and H. Szu, 2006. *Independent-Component Analysis for Hyperspectral Remote Sensing Imagery Classification*, *Optical Engineering*, Vol. 45, No. 1, 1-13.
- Kitti K., C. Jaruskulchai, and A. Eiumnoh, 2012. *Band Selection for Dimension Reduction in Hyper Spectral Image Using Integrated Information Gain and Principal Components Analysis Technique*, Inter. J. of Machine Learning and Computing, Vol. 2, No. 3, 248-251.
- Kushardono D., 1997a. *Model Klasifikasi Penutup Lahan Data Multisensor Radar Optik*, Majalah LAPAN, No.83, 31-41.
- Kushardono D., 1997b. *Metode Fuzzy Neural Network untuk Klasifikasi Penutup Lahan dari Data Penginderaan Jauh serta Perbandingannya dengan Back Propagation Neural Network dan Maximum Likelihood*, Majalah LAPAN, No.80, 31-45.
- Kushardono D., K. Fukue, H. Shimoda and T. Sakata, 1995a. *Optimized Neural Network for Spatial Landcover Classification with the Aid of Co-occurrence Matrix*, J.of the Japan Soc. Of Photogrammetry and Remote Sensing, vol.34, no.4, 22-35.
- Kushardono D., K. Fukue, H. Shimoda and T. Sakata, 1995b. *Comparison of Multitemporal Image Classification Methods*, IEEE Proc. of IGARSS, vol.II, 1282-1284.
- Mader S, M. Vohland, T. Jarmer, and M. Casper, 2006. *Crop Classification with*

- Hyperspectral Data of the Hymap Sensor using Different Feature Extraction Techniques*, Proc. of the 2<sup>nd</sup> Workshop of the EARSeL SIG on Land Use and Land Cover, Center for Remote Sensing of Land Surfaces, Bonn, 28-30 September 2006, 96-101.
- Muhammad K., dan S. Arjasakusuma, 2010. *Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Menggunakan Spektrometer Lapangan Sebagai Masukan Endmember pada Data Hiperspektral Resolusi Sedang*, J. Ilmiah Geomatika, Vol. 16, No. 2, 10-22.
- Muller S., G.L.A. Mota, and C.E. Liedtke, 2004. *Multitemporal Interpretation of Remote Sensing Data*, Proc. of XXth ISPRS Congress Technical Commission IV, July 12-23, 2004, Istanbul, Turkey, 1244-1248.
- Sari, N.N. dan D. Kushardono, 2014. *Klasifikasi Penutup Lahan Berbasis Obyek pada Data Foto Udara untuk Mendukung Penyediaan Informasi Penginderaan Jauh Skala Rinci*, J. Penginderaan Jauh, Vol. 11, No.2, 114-127.
- Sun X., J. Zhang, and Z. Liu, 2005. *A Comparison of Object-Oriented and Pixel-Based Classification Approachs using Quickbird*, Proc. of Int. Symposium on Spatio-temporal Modeling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining and Data Fusion, 27-29 Aug, Beijing, China.
- Whiteside T. and W. Ahmad, 2005. *A Comparison of Object-Oriented and Pixel-Based Classification Methods for Mapping Land Cover in Northern*, Proc. of Spatial Intelligence, Innovation and Praxis: The national biennial Conf. of the Spatial Sciences Institute, September 2005. Melbourne, Australia.

**METODE PENENTUAN TITIK KOORDINAT ZONA POTENSI  
PENANGKAPAN IKAN PELAGIS BERDASARKAN HASIL DETEKSI  
TERMAL FRONT SUHU PERMUKAAN LAUT  
(METHOD OF DETERMINATION POINTS COORDINATE FOR  
POTENTIAL FISHING ZONE BASED ON DETECTION OF THERMAL  
FRONT SEA SURFACE TEMPERATURE)**

**Rossi Hamzah<sup>1</sup>, Teguh Prayogo, dan Sartono Marpaung**

**Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh**

**Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional**

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

**<sup>1</sup>e-mail: rossi.hamzah@lapan.go.id; rossi.hamzah@gmail.com**

**Diterima 23 Mei 2016; Direvisi 20 Oktober 2016; Disetujui 7 November 2016**

**ABSTRACT**

Information points coordinate of potential fishing zones (PFZ) is required by user that to be more effective in conducting fishing operation. The results of thermal front detection using single image edge detection (SIED) asshape contour lines. This research aims to determine points coordinate for potential fishing zone based on detection of thermal fronts sea surface temperatures. To determine point coordinate performed segmentation on detection result according to size fishnet grid. Contour line contained in each grid is a polygon shape. Centroid of each polygon is point coordinate of PFZ. The result of sea surface temperature data processing from Terra/Aqua MODIS and Suomi NPP VIIRS satellite syndicates that method of determination the centroid of polygon is very effective in determining the point coordinate of PFZ. Using that method the processing stages of satellite data to be faster, more efficient and practical due to the information of PFZ is already as points coordinate.

*Keywords: SST, Front detection, Polygon, Center of grafity, PFZ*

## ABSTRAK

Informasi titik koordinat zona potensi penangkapan ikan (ZPPI) sangat diperlukan oleh pengguna agar lebih efektif dalam melakukan operasi penangkapan ikan. Hasil deteksi termal *front* menggunakan metode *Single Image Edge Detection* (SIED) dalam bentuk garis kontur. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan titik koordinat ZPPI berdasarkan hasil deteksi termal *front* suhu permukaan laut. Untuk menentukan titik koordinat dilakukan segmentasi hasil deteksi sesuai ukuran *fishnet grid*. Garis kontur yang terdapat dalam setiap *grid* merupakan bentuk poligon. Pusat geometri dari setiap poligon merupakan titik koordinat ZPPI. Hasil pengolahan data suhu permukaan laut dari satelit Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS menunjukkan bahwa metode penentuan pusat geometri poligon sangat efektif dalam menentukan titik koordinat ZPPI. Dengan menggunakan metode tersebut tahap pengolahan data satelit menjadi lebih cepat, efisien dan lebih praktis karena informasi ZPPI sudah dalam bentuk titik koordinat.

Kata kunci: *SPL, Deteksi front, Poligon, Pusat geometri, Informasi*

### 1 PENDAHULUAN

Data citra satelit penginderaan jauh banyak dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan penelitian dan aplikasi di berbagai sektor. Penentuan lokasi daerah potensi penangkapan ikan merupakan salah satu aplikasi citra satelit penginderaan jauh untuk perikanan tangkap yang sangat bermanfaat bagi nelayan. Dalam konteks pengelolaan perikanan dengan pendekatan berbasis ekosistem (*Ecosystem Approach to Fisheries Management/EAFM*) secara global, harian dan sistematis, citra resolusi temporal tinggi yang diperoleh dari satelit penginderaan jauh mampu menyediakan sumber data yang baik sebagai masukan dalam mempertimbangkan habitat maupun dinamika populasi ikan laut (Chassot *et al.*, 2011).

Salah satu citra satelit penginderaan jauh yang sering digunakan untuk pemantauan laut global serta mendukung pengelolaan sumberdaya perikanan tangkap adalah citra Terra/Aqua dengan sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Citra Terra/Aqua MODIS memiliki kelebihan resolusi temporal yang tinggi, sehingga sering digunakan untuk keperluan pemantauan skala harian. Selain Terra/Aqua MODIS yang memiliki resolusi temporal harian, saat ini terdapat satelit penginderaan jauh Suomi NPP dengan sensor *Visible/Infrared Imager and Radiometer Suite* (VIIRS) yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi

(750 meter) dan cakupan liputan yang lebih luas ( $\pm 3040$  km) dari Terra/Aqua MODIS. Suomi NPP VIIRS merupakan satelit generasi penerus dari satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) yang telah beroperasi sejak 2012. Dengan kemampuan yang dimiliki kedua data satelit tersebut sangat memungkinkan untuk melakukan pengamatan kondisi lingkungan laut secara intensif dengan skala spasial lebih rinci.

Satu diantara beberapa parameter kelautan penting terkait perikanan tangkap yang mampu dihasilkan dari kedua satelit tersebut adalah Suhu Permukaan Laut (SPL). Menurut Nammalwar *et al.* (2013), daerah tangkapan ikan dapat diperkirakan dengan melihat pergeseran *gradient* termal/*front* yang terdeteksi dari citra SPL 3-4 harian dan menunjukkan hasil tangkapan 3 sampai dengan 4 kali lebih tinggi dibandingkan di luar lokasi ZPPI. Kondisi oseanografi yang sesuai menjadi faktor utama bagi keberadaan ikan di suatu perairan, massa air dingin yang kaya akan unsur hara sangat sesuai dengan keberadaan tangkapan ikan di laut (Balaguru *et al.*, 2014).

Penelitian mengenai penentuan daerah penangkapan ikan menggunakan data satelit penginderaan jauh telah banyak dilakukan, diantaranya oleh Zainuddin *et al.* (2004) yang mendeteksi daerah potensial penangkapan ikan tuna albakora di perairan utara



Samudera Pasifik bagian barat laut menggunakan TRMM/TMI, NOAA AVHRR dan SeaWiFS. Siregar dan Waas (2006) menggunakan multi data (NOAA AVHRR, SeaWiFS dan Topex/Poisedon) untuk mengidentifikasi SPL dan Klorofil-a dalam penentuan lokasi penangkapan ikan tuna di perairan utara Papua pada musim timur. Simbolon dan Tadjuddah (2008) mengidentifikasi termal *front* dan *upwelling* sebagai indikator daerah penangkapan ikan menggunakan suhu permukaan laut dari data NOAA AVHRR dan klorofil-a dari data SeaWiFS di sekitar perairan Kabupaten Wakatobi Provinsi Sulawesi Utara. Hasyim, 2014, melakukan identifikasi sebaran ZPPI saat terjadinya El Nino menggunakan data NOAA AVHRR mingguan selama 10 tahun di Selat Madura. Selain hasil penelitian yang telah dipublikasikan, *Secretariate of the Pacific Community* (SPC) pada 2011 telah membuat buku panduan bagi pemula dalam menggunakan data satelit penginderaan jauh untuk penangkapan ikan tuna di laut lepas.

Terkait dengan pemanfaatan penginderaan jauh untuk kelautan dan perikanan serta untuk memenuhi kebutuhan para pengguna, sejak 2006 Pusfatja LAPAN telah dilakukan pengolahan data satelit untuk menghasilkan informasi SPL dan beberapa parameter lainnya serta informasi ZPPI. Pengolahan informasi ZPPI dilakukan secara manual menggunakan metode analisis visual. Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna, pada 2013 telah dilakukan penelitian dan pengembangan metode yang digunakan terkait penentuan zona potensi penangkapan ikan secara otomatis. Metode *Single Image Edge Detection* (SIED) digunakan dalam mendeteksi termal *front* pada data suhu permukaan laut dan klorofil-a. Awal penelitian metode SIED dilakukan oleh Cayula dan Cornillon (1992, 1995, 1996) menggunakan data Suhu Permukaan Laut (SPL) dari satelit NOAA-7 AVHRR. Selain data NOAA, penelitian lain

menggunakan data SPL hasil ekstraksi dari satelit Terra/Aqua MODIS (Kahru, 1995), NOAA POES (Ullman dan Cornillon, 1999), AVHRR Pathfinder SPL 9 km dataset versi 4.0 dan 4.1 (Belkin dan Cornillon, 2004), dan konsentrasi klorofil-a dari satelit SeaStar SeaWiFS (Bontempi dan Yoder, 2004). Selain itu Ullman dan Cornillon (2000) menggunakan data *in situ front* SPL.

Metode SIED yang digunakan pada pengolahan informasi ZPPI secara otomatis merupakan algoritma SIED yang telah diimplementasikan pada *software* ArcGIS menjadi sebuah *toolbox*. Sampai dengan 2005, aplikasi ini telah mengalami beberapa modifikasi dan perbaikan kesalahan (*error*). Algoritma SIED merupakan program tambahan yang tergabung dalam aplikasi *Marine Geospatial Ecology Tools* (MGET). Program tambahan ini merupakan aplikasi tidak berbayar untuk ditambahkan pada aplikasi pengolahan data seperti ArcGIS, Matlab dan R (Roberts *et al.*, 2010).

Hasil deteksi *front* menggunakan metode SIED berbentuk garis menyerupai kontur (garis batas berwarna merah pada Gambar 2-1), garis ini mengindikasikan lokasi pertemuan dua massa air laut dengan suhu yang berbeda yang diduga sebagai daerah potensi penangkapan ikan. Informasi garis *front* beserta sebaran SPL dari citra Terra/Aqua MODIS atau Suomi NPP VIIRS ini selanjutnya disampaikan kepada pengguna (dinas kelautan dan perikanan [Diskanla] daerah, nelayan, institusi keamanan laut, dan lain lain).

Secara operasional dalam membantu kegiatan operasi penangkapan ikan, informasi ZPPI dikirim secara otomatis oleh Pusfatja LAPAN ke dinas kelautan dan perikanan setempat melalui email dan selanjutnya diteruskan kepada nelayan melalui beberapa media dalam bentuk *Short Messages Service* (SMS) dan papan informasi pesan berjalan (*running text board*) di kantor Dinas Perikanan dan Kelautan atau di Tempat Pelelangan Ikan (TPI). Cara

tersebut merupakan contoh yang telah dilakukan oleh Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Indramayu.

Dalam praktek penyebarluasan informasi ZPPI ditemukan kendala bahwa informasi garis gradien suhu/*front* yang terdapat pada informasi ZPPI hanya menunjukkan lokasi ZPPI secara umum dan kurang dipahami oleh nelayan pengguna khususnya dalam penentuan posisi tujuan operasi penangkapan yang mana nelayan telah terbiasa menggunakan posisi koordinat geografis yang dimasukkan ke dalam *Global Positioning System* (GPS). Selain itu, informasi ZPPI berupa garis ini sulit ditentukan koordinat geografisnya secara visual oleh pengguna terlebih untuk penyebarluasan koordinat geografis ZPPI oleh Diskanla melalui SMS. Untuk itu diperlukan kajian lebih mendalam guna menentukan posisi koordinat daerah potensi penangkapan ikan di sepanjang garis *front* tersebut.

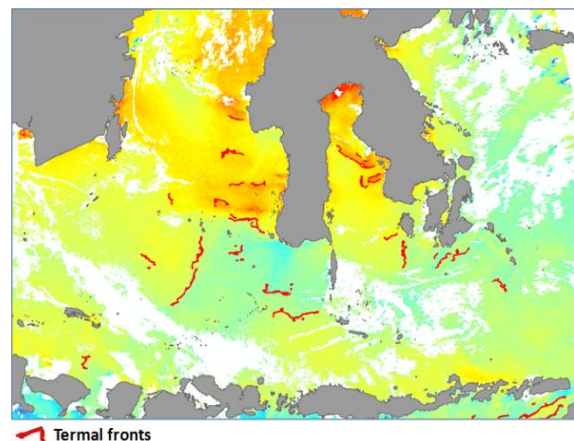
Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode ekstraksi titik posisi koordinat ZPPI pada garis gradien suhu hasil deteksi termal *front* dari citra SPL Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ZPPI yang lebih informatif, lengkap (disertai posisi koordinat geografis), mudah dibaca dan dipahami oleh para pengguna informasi ZPPI khususnya nelayan Indonesia.

## 2 METODOLOGI

Penelitian ini memfokuskan kajian pada pengembangan metode ekstraksi titik atau posisi koordinat ZPPI disepanjang garis gradien suhu hasil deteksi termal *front* dari citra SPL Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS. Untuk itu dalam penelitian ini hanya digunakan data SPL sebagai data masukan utamanya (Ullman dan Cornillon, 2000; Belkin *et al.*, 2009; Sholva *et al.*, 2013) yang merupakan hasil ekstraksi data satelit Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS.

### 2.1 Data

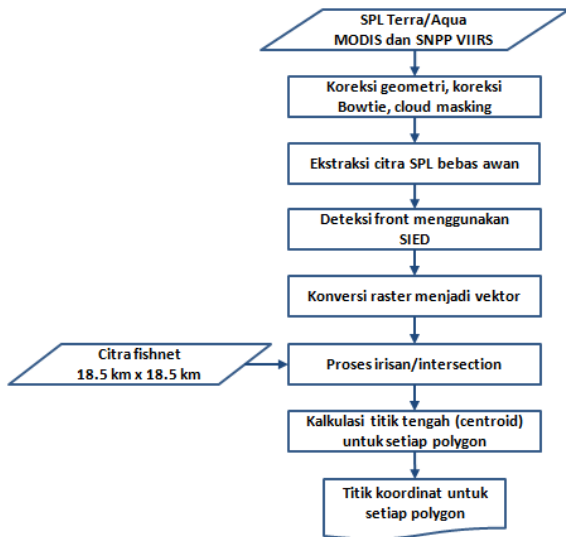
Dalam penelitian ini digunakan data SPL satelit Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS. Resolusi spasial data SPL 1000 meter (Terra/Aqua MODIS) dan 750 meter (Suomi NPP VIIRS) dengan resolusi temporal harian. Pada tahap simulasi digunakan data SPL dari Aqua MODIS pada 6 Agustus 2014, dan pada tahap implementasi digunakan data SPL dari: Aqua MODIS 22 Agustus 2014, Terra MODIS 31 Agustus 2014 dan Suomi NPP VIIRS 1 April 2015. Dalam mendeteksi termal *front* digunakan metode SIED dengan nilai ambang batas perbedaan suhu sebesar 0,5° Celcius. Gambar 2-1 menampilkan SPL dan hasil deteksi termal *front* dalam bentuk garis kontur (garis warna merah) menggunakan data Aqua MODIS 22 Agustus 2014.



Gambar 2-1: Tumpang susun citra SPL dan hasil deteksi termal *front*

### 2.2 Metode Penelitian

Pengolahan data awal seperti koreksi geometri, koreksi *bowtie* dan *cloud masking* dilakukan sebelum proses deteksi atau identifikasi termal *front*. Format data SPL yang digunakan sebagai *input* untuk deteksi termal *front* diubah kedalam format data bilangan bulat. Hasil identifikasi termal *front* dikonversi dari format *raster* kedalam format vektor untuk memudahkan proses penentuan pusat geometri atau titik tengah setiap poligon. Alur pengolahan data penelitian ditampilkan pada diagram Gambar 2-2.



Gambar 2-2: Diagram alir penelitian

**2.3 Pusat Geometri Poligon**

Pusat geometri (*centroid*) dikenal juga dengan sebutan *centre of gravity* atau *center of mass*. Dalam matematika maupun fisika, pusat geometri dari sebuah area dua dimensi merupakan posisi rata-rata aritmatika dari semua titik pembatas area tersebut. Untuk menghitung luas area bentuk poligon dalam bidang datar dua dimensi (xy) digunakan persamaan sebagai berikut (Bourke, 1988).

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \tag{2-1}$$

Keterangan:

- A: luas area poligon
- $x_i$ : posisi titik ke-i pada poligon berdasarkan sumbu x
- $y_i$ : posisi titik ke-i pada poligon berdasarkan sumbu y
- n: banyaknya titik pada poligon

Dalam persamaan (2-1) titik simpul diberikan nomor secara berurutan sepanjang garis poligon dan titik simpul ( $x_n, y_n$ ) sama dengan titik simpul ( $x_0, y_0$ ) sebagai poligon tertutup. Jika titik simpul diberi nomor urut searah jarum jam maka nilai variabel A akan negatif, tetapi posisi koordinat pusat geometri akan tetap benar. Titik tengah atau pusat geometri dari sebuah poligon tertutup yang terdiri dari sejumlah n

titik simpul dapat ditentukan menggunakan persamaan (2-2) dan (2-3) (Bourke, 1988).

$$C_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \tag{2-2}$$

$$C_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \tag{2-3}$$

Keterangan:

- Cx: Pusat geometri poligon berdasarkan sumbu x
- Cy: Pusat geometri poligon berdasarkan sumbu y

Hasil perhitungan pusat geometri dari setiap poligon berdasarkan koordinat Kartesius xy merupakan titik koordinat ZPPI berdasarkan bujur dan lintang geografisnya.

Setelah diperoleh hasil deteksi termal *front* dalam bentuk garis kontur, dilakukan segmentasi pada garis kontur sesuai ukuran *fishnet grid* untuk mempermudah penentuan titik koordinat geografis. Istilah *fishnet grid* merupakan bentuk poligon simetris yang menyerupai jaring ikan yang berfungsi membagi garis *front* (berupa poligon) sesuai ukuran segmen tertentu.

Ukuran *fishnet grid* dapat disesuaikan dengan kebutuhan, dalam penelitian ini ukuran *fishnet grid* dirancang dengan mempertimbangkan panjang dan radius jangkauan alat tangkap *gill net* yang digunakan oleh sebagian besar nelayan Indramayu sekitar 10 - 18 km ( $\pm$  5,4 - 9,7 mil laut [nm/*nautical mile*]) (hasil wawancara). Berdasarkan ukuran tersebut maka digunakan ukuran *grid* terkecil dalam lembar peta informasi ZPPI sebesar 10x10 nm, sehingga dalam satu derajat koordinat geografis terdiri dari enam *grid* atau 18,5x18,5 km (Gambar 3-1 bagian B).

Penentuan koordinat berdasarkan metode pusat geometri dilakukan pada setiap bagian ukuran segmen terkecil (10x10 nm), yang mana titik tengah

segmen menjadi pusat geometri sebagai penentu koordinat yang mewakili dari termal *front* tersebut. Secara umum penelitian ini dibagi kedalam dua tahapan, yaitu tahap simulasi dan tahap implementasi. Tahap simulasi merupakan percobaan penerapan persamaan (2-1), (2-2) dan (2-3) untuk menentukan pusat geometri dari poligon yang dikonversi ke dalam koordinat Kartesius. Dengan menggunakan tiga bentuk poligon yang berbeda, sebagai percobaan dan pembuktian dari formula yang akan digunakan untuk seluruh poligon pada koordinat sebenarnya. Tahap implementasi merupakan penerapan perhitungan pusat geometri setiap poligon kedalam sistem pengolahan data produksi informasi ZPPI LAPAN secara otomatis. Dalam penerapannya digunakan bahasa pemrograman Python yang diintegrasikan dengan piranti lunak ArcGIS untuk pengaturan tata letak secara otomatis.

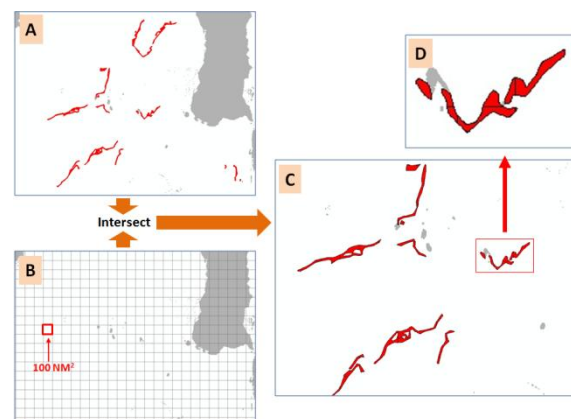
### 3 HASIL PEMBAHASAN

Hasil penerapan metode sesuai tahapan penelitian disajikan sebagai berikut:

#### 3.1 Simulasi

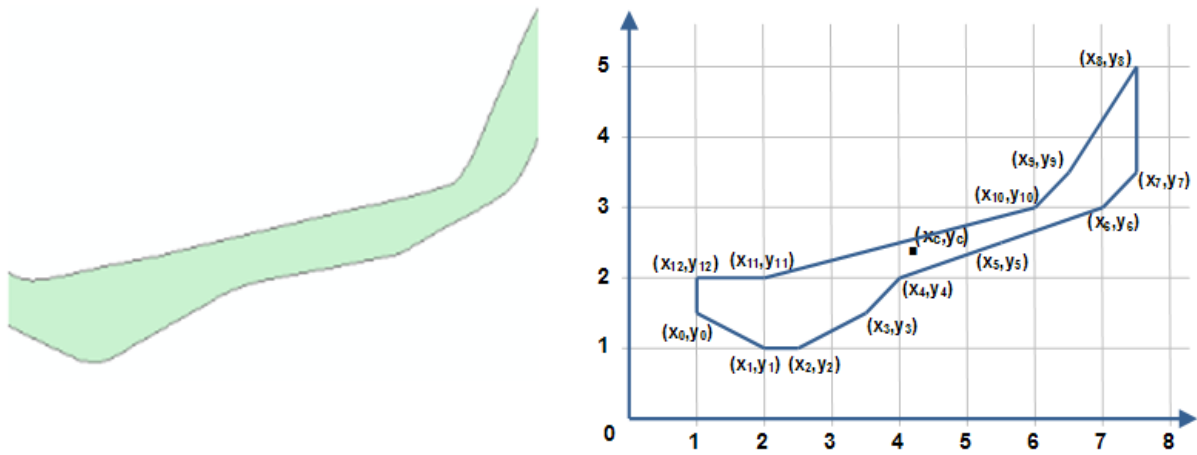
Pada bagian simulasi diterapkan beberapa bentuk poligon hasil deteksi termal *front* menggunakan metode SIED. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, poligon merupakan hasil irisan dengan *fishnet* ukuran 10x10 mil laut (18,5x18,5 km). Poligon dikonversi ke dalam format sistem koordinat kartesius untuk mencoba formula titik berat yang diterapkan menggunakan poligon tersebut.

Simulasi dilakukan sebanyak tiga kali dengan menggunakan tiga bentuk poligon yang berbeda. Bentuk poligon dikonversi menjadi bentuk yang menyerupai bentuk poligon asli dalam sistem koordinat Kartesius. Hasil tahapan simulasi awal ditampilkan pada Gambar 3-1. Gambar 3-1 bagian A menunjukkan irisan dari termal *front*, bagian B merupakan irisan segmen dengan *fishnet grid* yaitu poligon termal *front* yang terbagi menjadi bagian segmen terkecil (Gambar 3-1 bagian C dan D).



Gambar 3-1: Irisan citra termal front (A) dengan citra *fishnet grid*(B) menghasilkan poligon termal *front* dalam bagian kecil (C dan D)

Simulasi pertama ditunjukkan dalam Gambar 3-2 dengan bentuk poligon sederhana yang terbagi menjadi tiga belas titik koordinat kartesius pasangan xy. Tahap pertama yaitu menentukan nilai variabel A yaitu menghitung luas poligon menggunakan persamaan (2-1). Penentuan nilai dari variabel i berdasarkan urutan titik atau pertemuan antar simpul garis yang membentuk poligon dengan urutan berlawanan arah jarum jam.



Gambar 3-2: Poligon (kiri) dikonversi menjadi koordinat kartesius XY (kanan)

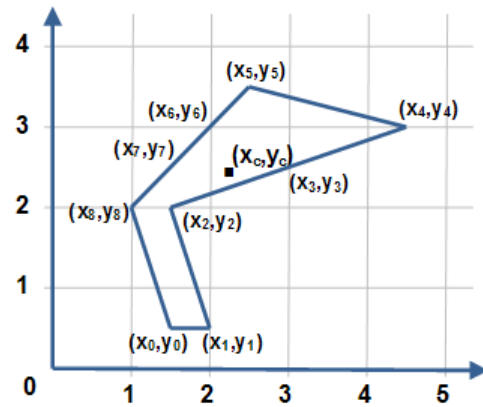
Tabel 3-1: PERHITUNGAN SIMULASI PERTAMA PADA SISTEM KOORDINAT KARTESIUS

i	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	Luas Poligon X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	Pusat Geometri Sumbu X	Pusat Geometri Sumbu Y
0	1	1,5	-2	-6	-5
1	2	1	-0,5	-2,25	-1
2	2,5	1	0,25	1,5	0,625
3	3,5	1,5	1	7,5	3,5
4	4	2	-1	-9,5	-4,5
5	5,5	2,5	-1	-12,5	-5,5
6	7	3	2	29	13
7	7,5	3,5	11,25	168,75	95,625
8	7,5	5	-6,25	-87,5	-53,125
9	6,5	3,5	-1,5	-18,75	-9,75
10	6	3	6	48	30
11	2	3	2	6	8
12	1	3	-0,5	-1	-1,75
			<b>A = 4,875</b>	<b>X<sub>C</sub> = 4,213675214</b>	<b>Y<sub>C</sub> = 2,397435897</b>

Pada simulasi pertama terdapat tiga belas titik simpul yang setiap nilainya ditampilkan pada Tabel 3-1 kolom X<sub>i</sub> dan Y<sub>i</sub>. Nilai A untuk simulasi pertama diperoleh 4,875 dan titik berat atau titik tengah untuk simulasi pertama terletak pada titik X<sub>C</sub>=4,21 dan Y<sub>C</sub>=2,39. Hasil dari perhitungan simulasi pertama ditampilkan pada Tabel 3-1.

Simulasi kedua ditampilkan dalam Gambar 3-3 dengan bentuk poligon yang sedikit lebih kompleks dibandingkan

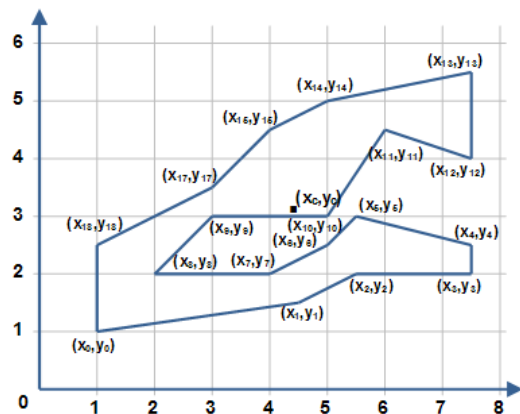
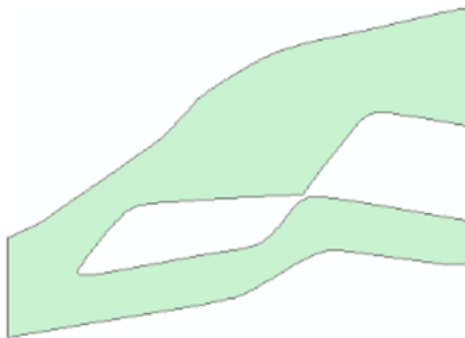
dengan poligon pada simulasi pertama. Meskipun memiliki bentuk yang lebih kompleks dibandingkan poligon simulasi pertama, tetapi titik simpulnya lebih sedikit yaitu 8 titik karena tidak banyak sisi yang berlekuk. Pada Tabel 3-2 menampilkan nilai untuk setiap titik simpul (X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>) dan hasil perhitungan dari rumus (2-1), (2-2) dan (2-3). Variabel A pada simulasi ini diperoleh nilai 2,875 sedangkan untuk titik berat diperoleh titik X<sub>C</sub>=2,33 dan Y<sub>C</sub>=2,37.



Gambar 3-3: Poligon (kiri) dikonversi menjadi koordinat kartesius XY (kanan)

Tabel 3-2: PERHITUNGAN SIMULASI KEDUA PADA SISTEM KOORDINAT KARTESIUS

<b>i</b>	<b>X<sub>i</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>Luas Poligon X<sub>i</sub>Y<sub>i</sub></b>	<b>Pusat Geometri Sumbu X</b>	<b>Pusat Geometri Sumbu Y</b>
0	1,5	0,5	-0,25	-0,875	-0,25
1	2	0,5	3,25	11,375	8,125
2	1,5	2	-2,25	-10,125	-10,125
3	3	2,5	-2,25	-16,875	-12,375
4	4,5	3	8,25	57,75	53,625
5	2,5	3,5	0,5	2,25	3,25
6	2	3	0,5	1,75	2,75
7	1,5	2,5	0,5	1,25	2,25
8	1	2	-2,5	-6,25	-6,25
			<b>A = 2,875</b>	<b>X<sub>C</sub> = 2,333333333</b>	<b>Y<sub>C</sub> = 2,376811594</b>



Gambar 3-4: Poligon(kiri) dikonversi menjadi koordinat kartesius XY (kanan)

Simulasi ketiga yang ditunjukkan dalam Gambar 3-4 menggunakan bentuk poligon yang memiliki percabangan. Hal ini untuk mengetahui hasil perhitungan pusat geometri berada pada area poligon atau di luar poligon. Variable A pada simulasi ketiga ini diperoleh nilai 12,25, nilai  $X_C = 4,38$  dan  $Y_C = 3,08$ .

Hasil perhitungan dari simulasi-simulasi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pusat geometri atau titik tengah dari setiap poligon terdapat pada area bagian dalam setiap poligon (simulasi pertama, kedua dan ketiga). Hal ini menunjukkan bahwa persamaan (2-1), (2-2) dan (2-3) sangat tepat dalam menentukan pusat geometri poligon.

Tabel 3-3: PERHITUNGAN SIMULASI KETIGA PADA SISTEM KOORDINAT KARTESIUS

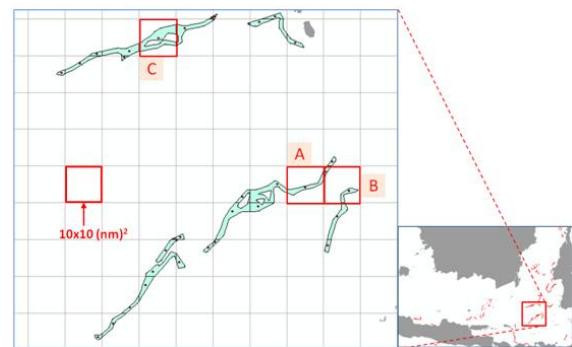
i	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	Luas Poligon X <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>	Pusat Geometri Sumbu X	Pusat Geometri Sumbu Y
0	1	1	-3	-16,5	-7,5
1	4,5	1,5	0,75	7,5	2,635
2	5,5	2	-4	-52	-16
3	7,5	2	3,75	56,25	16,875
4	7,5	2,5	8,75	113,75	48,125
5	5,5	3	-1,25	-13,125	-6,875
6	5	2,5	0	0	0
7	4	2	4	24	16
8	2	2	0	0	0
9	3	3	-6	-48	-36
10	5	3	4,5	49,5	33,75
11	6	4,5	-9,75	-131,625	-82,875
12	7,5	4	11,25	168,75	106,875
13	7,5	5,5	10	125	105
14	5	5	2,5	22,5	23,75
15	4	4,5	0,25	1,875	2,125
16	3,5	4	0,25	1,625	1,875
17	3	3,5	4	16	24
18	1	2,5	-1,5	-3	-5,25
			<b>A = 12,250</b>	<b>X<sub>c</sub> =</b>	<b>Y<sub>c</sub> = 3,081632653</b>

### 3.2 Implementasi

Gambar 3-5 merupakan bagian dari garis kontur termal *front* dari data Aqua MODIS 6 Agustus 2014 yang digunakan sebagai data simulasi.

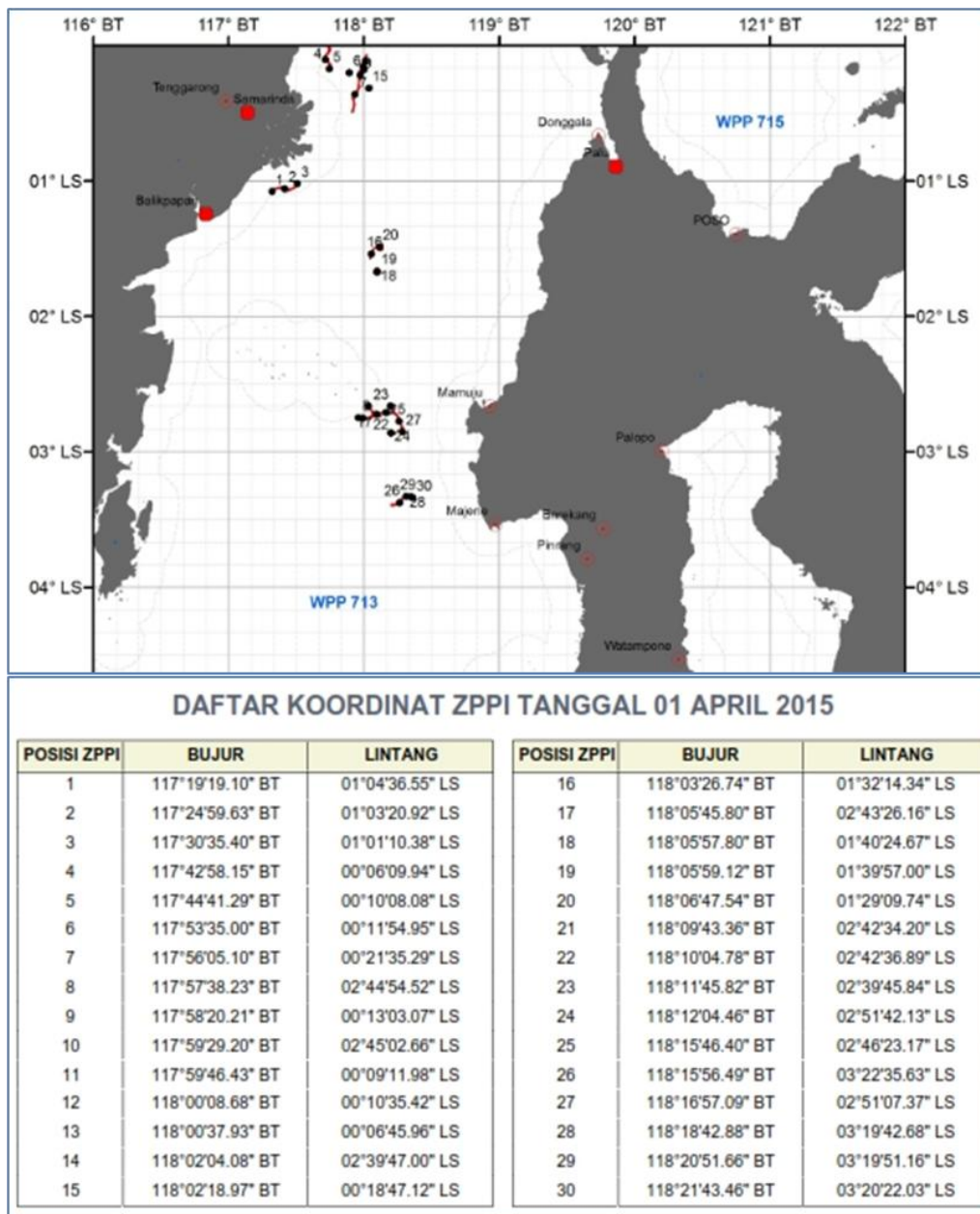
Gambar 3-5 menampilkan bentuk poligon yang digunakan pada bagian simulasi yang berada pada sistem koordinat sebenarnya. Lokasi pusat geometri pada sistem koordinat sebenarnya sama dengan lokasi pada koordinat kartesius pada tahap simulasi.

Ekstraksi titik koordinat pada setiap lokasi hasil perhitungan pusat geometri poligon, dibuat menggunakan bahasa pemrograman python untuk mempermudah dalam pengaturan tabel dan pengaturan peta informasi zona potensi penangkapan ikan.



Gambar 3-5: Hasil perhitungan pusat geometri poligon pada : (A) simulasi pertama, (B) simulasi keduadan, (C) simulasi ketiga

Gambar 3-6 menampilkan peta informasi dan titik koordinat ZPPI menggunakan data suhu permukaan laut dari satelit Suomi NPP VIIRS 1 April 2015. Garis kontur berwarna merah merupakan area termal *front* dan titik warna hitam merupakan titik koordinat disertai dengan nomornya (terdapat 30 titik koordinat).



Gambar 3-6: Peta informasi ZPPI (atas) dan titik koordinat ZPPI (bawah)

Penentuan pusat geometri atau titik tengah poligon merupakan solusi yang tepat dalam menentukan titik koordinat dari setiap poligon termal *front* yang terdeteksi. Dengan demikian informasi posisi titik koordinat ZPPI dapat diketahui dan mudah diaplikasikan dengan alat yang digunakan oleh pengguna. Untuk mengetahui akurasi dari metode yang diterapkan dalam penentuan titik koordinat ZPPI diperlukan data lapangan yang memadai dan representatif secara spasial dan temporal. Data lapangan yang diharapkan dari pengguna seperti: jumlah hasil tangkapan dan jenis ikan, posisi titik koordinat dan

waktu saat melakukan penangkapan ikan serta alat tangkap yang digunakan. Selain itu pengembangan metode identifikasi termal *front* dengan mengkorelasikan secara spasial dan temporal dan perhitungan statistik (Wang *et al.*, 2007; Belkin dan O'Reilly, 2009; Kahru *et al.*, 2012; Nieto *et al.*, 2012) diharapkan bisa memperoleh informasi yang lebih valid dan akurat.

#### 4 KESIMPULAN

Metode penentuan pusat geometri poligon sangat tepat dan efektif dalam menentukan titik koordinat zona potensi penangkapan ikan hasil dari deteksi



termal *front*. Dengan menggunakan metode ini tahap pengolahan lebih cepat dan efisien dari segi waktu. Informasi ZPPI menjadi lebih mudah dipahami dan diaplikasikan dengan alat yang digunakan dalam operasi penangkapan ikan. Untuk mengetahui dan menambah akurasi dari informasi ZPPI yang dihasilkan diperlukan validasi menggunakan data lapangan dari para pengguna.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh (PUSFATJA) yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam melaksanakan penelitian ini. Demikian juga kepada Pusat Teknologi dan Data (PUSTEKDATA) atas kesediaannya memberikan data Terra/Aqua MODIS dan Suomi NPP VIIRS yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih kami ucapkan juga kepada Bapak Dr. Muchlisin Arief dan Bapak Wawan K. Harsanugraha, M.Si., atas saran dan masukan yang diberikan dalam menyusun karya tulis ini.

### DAFTAR RUJUKAN

- Balaguru B., S.S. Ramakrishnan, R. Vidhya, P.Thanabalan, 2014. *A Comparative Study on Utilization Of Multi-Sensor Satellite Data To Detect Potential Fishing Zone (PFZ)*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, 2014. ISPRS Technical Commission VIII Symposium, 09 - 12 December 2014, Hyderabad, India.
- Belkin, I.M. and Cornillon, P.C., 2004. *Surface Thermal Fronts of the Okhotsk Sea*. Pacific Oceanography, 2, 6-19.
- Belkin, I.M., Cornillon, P.C. and Sherman, K., 2009. *Fronts in Large Marine Ecosystems*. Progress in Oceanography, 81, 223-236.
- Belkin, I.M. and O'Reilly, J.E., 2009. *An Algorithm for Oceanic Front Detection in Chlorophyll and SST Satellite Imagery*. Elsevier, Journal of Marine Systems, 78, 319-326.
- Bontempi, P.S. and Yoder, J.A., 2004. *Spatial Variability in SeaWiFS Imagery of the South Atlantic Bight as Evidenced by Gradients (Fronts) in Chlorophyll a and Water-leaving Radiance*. Deep-Sea Research, II(51), 1019-1032.
- Bourke, P., 1988. *Calculating the Area and Centroid of a Polygon*. Cited in <http://paulbourke.net/geometry/polygonmesh/>, [11 Maret 2016] University of Western Australia.
- Cayula, J.F. and Cornillon, P., 1992. *Edge Detection Algorithm for SST Images*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 9(1), 67-80.
- Cayula, J.F. and Cornillon, P., 1995. *Multi-image Edge Detection for SST Images*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 12(4), 821-829.
- Cayula, J.F. and Cornillon, P., 1996. *Cloud Detection From a Sequence of SST Images*, Remote Sensing of Environment, 55(1), 80-88.
- Chassot, E., Sylvain, B., Reygondeau, G., Nieto, K., Polovina, J.J., Huret, M., Dulvy, N.K. and Demarcq, H., 2011. *Satellite Remote Sensing For An Ecosystem Approach To Fisheries Management*, ICES Journal of Marine Science, Vol. 68, Issue 4: 651-666.
- Hasyim, B., 2014. *Identifikasi Zona Potensi Penangkapan Ikan Di Selat Madura Waktu Terjadi El Nino Berdasarkan Data Penginderaan Jauh*, Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, Bogor.
- Kahru, M., Hakansson, B. and Rud, O., 1995. *Distributions of The Sea Surface Temperature Fronts in the Baltic Sea as Derived From Satellite Imagery*. Continental Shelf Research, 15(6), 663-679.
- Kahru, M., Lorenzo, E.D., Sarabia, M.M., and Mitchell, B. G., 2012. *Spatial and Temporal Statistics of Sea Surface Temperature and Chlorophyll fronts in the California Current*, Journal Of Plankton Research, 34(9), 749-760.
- Nieto, K., Demarcq, H. and McClatchie, S., 2012. *Mesoscale Frontal Structures in the Canary Upwelling System: New Front and Filament Detection Algorithms Applied to Spatial and Temporal Patterns*, Elsevier. Remote Sensing of Environment, 123, 339-346.
- Nammalwar, P., S. Satheesh and R. Ramesh, 2013. *Application of Remote Sensing in the Validations of Potential Fishing Zones (PFZ) along the Coast of North Tamil Nadu, India*, Indian Journal of Geo-marine Sciences, Vol. 42 (3), June 2013, 283-292.

- Roberts, J.J., Best, B.D., Dunn, D.C., Trembl, E.A. and Halpin, P.N., 2010. *Marine Geospatial Ecology Tools: an Integrated Framework for Ecological Geoprocessing with ArcGIS, Python, R, MATLAB, and C++*, Environmental Modelling & Software. 25, 1197-1207.
- Secretariat of the Pacific Community, 2011. *A Beginner's Guide to using Remote Sensing for Offshore Tuna Fishing*, Secretariat of the Pacific Community Nearshore Fisheries Development Section, ISBN: 978-982-00-0469-6. Noumea. New Caledonia.
- Simbolon, D., dan Tadjuddah, M., 2008. *Pendugaan Front and Upwelling Melalui Interpretasi Citra Suhu Permukaan Laut dan Chlorofil-a di Perairan Wakatobi Sulawesi Tenggara*, Buletin PSP, XVII(3).
- Sholva, Y., Sitohang, B., Wikantika, K., 2013. *New Approach to Locate Upwelling and Thermal-front from Satellite Imagery Data*, Procedia Technology, 11, 317 – 326.
- Siregar, V., dan Waas, H. J. D., 2006. *Identification of Oceanographic Parameters for Determining Pelagic Tuna Fishing Ground in the North Papua Waters Using Multi-Sensor Satellite Data*. BIOTROPIA, 13(1), 37 -48.
- Ullman, D.S., and Cornillon, P.C., 1999. *Satellite-derived Sea Surface Temperature Fronts on the Continental Shelf of the Northeast U.S. Coast*, Journal of Geophysical Research, 104, 23459-23478.
- Ullman, D.S., and Cornillon, P.C., 2000. *Evaluation of Front Detection Methods for Satellite-derived SST Data Using In Situ Observations*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 17, 1667-1675.
- Wang, J., Pierce, G. J., Sacau, M., Portela, J., Santos, M.B., Cardoso, X., Bellido, J.M., 2007. *Remotely Sensed Local Oceanic Thermal Features and Their Influence on the Distribution of Hake (Merluccius hubbsi) at the Patagonian Shelf Edge in the SW Atlantic*, Fisheries Research, 83, 133 - 144.
- Zainuddin, M., Saitoh, S. and Saitoh, K., 2004. *Detection of Potential Fishing Ground for Albacore Tuna Using Synoptic Measurements of Ocean Color and Thermal Remote Sensing in the Northwestern North Pacific*, Geophysical Research Letters, 31, L20311, doi:10.1029/2004GL021000.

---

---

# **ALGORITMA DUA DIMENSI UNTUK ESTIMASI MUATAN PADATAN TERSUSPENSI MENGGUNAKAN DATA SATELIT LANDSAT-8, STUDI KASUS: TELUK LAMPUNG (TWO DIMENSIONAL ALGORITHM FOR ESTIMATING TOTAL SUSPENDED SOLIDS USING LANDSAT-8 SATELLITE DATA CASE STUDY: LAMPUNG BAY)**

**Muchlisin Arief, Syifa W. Adawiah, Maryani Hartuti, dan Ety Parwati**

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

e-mail: muchlisin.arief@yahoo.com, muchlisin.arief@gmail.com

Diterima 22 Juni 2016; Direvisi 25 November 2016; Disetujui 13 Desember 2016

## **ABSTRACT**

Remote sensing technique is a powerful tool for monitoring the coastal zone. Optical sensors can be used to measure water quality parameters Total Suspended Matter (MPT). In order to be able to extract information MPT, the satellite data need to be validated with in situ measurements that make the relationship between the reflectance band with concentration MPT measurement results. In this model, do the correlation between the measurement results with the reflectance values band 3 and band 4. then obtained a linear equation, then calculated using the argument of a ratio of 60:75 to each of the correlation coefficient, the obtained linear equation two Dimension  $T(x_3, x_4) = 2313.77 X_3 + 4741.11 X_4 + 314.95$ . Based on the concentration MPT of dated June 3, 2015 was lower than in the west to the east. this is because the east is already contaminated with the plant, effluent solids by humans, while the west for still many floating net fish, and mangrove. Based on the results of measurement and calculation results, is still far from perfect (accuracy 60%), one factor is the value thresholding, when determining the boundary between: clouds, sea, and land. Generally indicates that the model is still in need for repair.

*Keywords: Landsat-8, Extraction, Reflectances, Total suspended matter, Two dimensional, Lampung Bay*

## ABSTRAK

Penginderaan jauh adalah alat yang ampuh untuk memantau zona pesisir. Sensor optik dapat digunakan untuk mengukur parameter kualitas air *Total Suspended Solid/Muatan Padatan Tersuspensi* (MPT). Agar supaya dapat mengekstraksi informasi MPT, maka, data satelit perlu divalidasi dengan pengukuran *in situ* yaitu membuat hubungan antara reflektansi *band* dengan konsentrasi MPT hasil pengukuran. Pada model ini, dilakukan korelasi antara hasil pengukuran dengan nilai reflektansi *band3* dan *band4*, maka diperoleh persamaan linier, kemudian dihitung dengan menggunakan dalil perbandingan 60 : 75, untuk masing-masing koefisien korelasinya, maka diperoleh persamaan linier dua dimensi  $T_{(X_3, X_4)} = 2313.77 X_3 + 4741,11 X_4 + 314.95$ . Berdasarkan konsentrasi MPT pada 3 Juni 2015 di sebelah barat lebih rendah dibandingkan sebelah timur. Hal ini dikarenakan sebelah timur sudah terkontaminasi dengan pabrik, buangan benda padat oleh manusia, sedangkan sebelah barat karena masih banyak keramba jaring apung ikan dan *mangrove*. Berdasarkan hasilnya antara pengukuran dan hasil perhitungan, masih jauh dari sempurna (ketelitiannya 60 %), salah satu faktornya adalah dalam menentukan nilai *thresholding*, pada saat menentukan batas antara: awan, laut dan darat. Secara umum menunjukkan bahwa model yang masih membutuhkan perbaikan.

Kata kunci: *Landsat-8, Ekstraksi, Reflektansi, Padatan tersuspensi total, Dua dimensi, Teluk Lampung*

## 1 PENDAHULUAN

Zona pesisir merupakan sistem yang sangat produktif dan sangat beragam, dengan berbagai ekosistem yang meliputi bagian dari darat pantai hingga ke arah laut meliputi bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar.

Teluk Lampung adalah sebuah teluk di perairan Selat Sunda yang terletak di selatan Lampung dengan luas sekitar 1.888 km<sup>2</sup>. Teluk ini, bermuara dua sungai besar yang membelah Kota Bandar Lampung, dan diapit oleh Kota Bandar Lampung, Kabupaten Lampung Selatan, dan Kabupaten Pesawaran. Teluk Lampung ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman rata-rata mencapai 20 meter. Berbagai industri seperti industri perikanan, pariwisata, sumber energi listrik, dan juga potensi sumber daya alam terumbu karang tergantung sepenuhnya terhadap potensi air laut ini. Pentingnya potensi air yang mampu menopang berbagai kebutuhan menjadikan perhatian sendiri untuk kualitas air. Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling berharga dan sumber kehidupan untuk pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, peman-

tauan/pendeteksian/pengukuran kualitas air di Teluk Lampung harus selalu dilakukan (Arief, 2012), karena hal ini berkaitan dengan kehidupan berbagai jenis makhluk hidup dan juga demi terwujudnya pembangunan berkelanjutan serta berwawasan lingkungan.

Ada beberapa parameter yang dijadikan acuan untuk menentukan kualitas air, di antara parameter-parameter tersebut adalah kandungan Muatan Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid* atau *matter* biasa disebut TSS atau MPT) adalah salah satu faktor kunci yang menentukan kualitas air permukaan, baik dari laut dan air sungai, dan menentukan sifat optik air (Aldabash dan Şanlı, 2016). TSM mengangkut nutrisi dan kontaminan, mengurangi transmisi cahaya melalui kolom air, dan berpengaruh terhadap seluruh ekosistem air (Dihkan *et al.*, 2011). Oleh karena itu, *monitoring* dinamika partikel tersuspensi yang diekspor oleh sungai ke pesisir laut sangat diperlukan untuk melacak transportasi dan nasib polutan dan menentukan dampak pada ketersediaan cahaya dalam kolom air, yang merupakan salah satu parameter dalam menentukan pertumbuhan fitoplankton dan produksi primer (Tang

et al., 1998). Parameter TSM mempengaruhi kepadatan, komposisi jenis, produktivitas, dan kondisi fisiologis populasi organisme akuatik (Michael, 1995). Besarnya nilai MPT selalu bervariasi dengan perubahan sifat partikel seperti ukuran butir, komposisi, dan indeks bias (Wozniak dan Stramski, 2004; Binding, et al., 2005). Pola distribusi sedimen memainkan peran penting dalam memantau perubahan lingkungan laut, terutama di daerah pesisir (Min et al., 2012).

Salah satu teknik dengan biaya murah dan cakupannya luas dan efisien untuk mengestimasi MPT yaitu adalah teknologi penginderaan jauh satelit (*remote sensing satellite*). Teknologi satelit penginderaan jauh merupakan alat yang efisien untuk memantau angkutan *sediment transport*, menganalisis distribusi spasial material padat yang diekspor oleh sungai ke laut (Doxaran et al., 2002; Zhang et al., 2003; Wang et al., 2007). Penggunaan data satelit penginderaan jauh guna memantau kualitas air seperti air danau, misalnya penentuan MPT dan oksigen terlarut (Dekker, 1997; Ritchie et al. 1990; Dekker et al., 2002).

Telah banyak model untuk mengestimasi MPT digunakan dari yang paling sederhana melalui pendekatan memanfaatkan satu *band* spektrum merah, misalnya, Landsat TM *band* 3 atau MODIS *Band* 1 (Shi dan Wang, 2009; Miller dan McKee, 2004; Islam et al., 2001; Hellweger et al., 2006). Metode menggunakan relasi antara nilai konsentrasi MPT dengan *band* hijau dan *band* merah dari Landsat TM (Tassan, 1997). Penentuan MPT dengan menggunakan persamaan empiris dari Landsat (Arief dan Lestari, 2006; Arief, 2012). Menentukan MPT dengan cara mengkorelasikan konsentrasi MPT dan *Chlorophyll-a in situ* dengan Nilai reflektansi Landsat (Song et al., 2012, Lailia et al., 2015). Membangun model untuk mengestimasi antara pengamatan *in situ* dengan *band* infra-merah dekat (Zheng et al., 2015), membangun hubungan

non linier antara nilai reflektansi dengan nilai MPT hasil pengamatan (Mao et al., 2012), hubungan empiris yang menghubungkan parameter kualitas air dengan radian sensor (Deutsch et al., 2014), membangun *multivariate* regresi model antara data *remote sensing* dengan akuisisi data lapangan untuk analisis hubungan kualitas air di Guangzhou (Fan et al., 2012). Estimasi menggunakan dua persamaan empiris polinomial pangkat tiga dan persamaan linier yang dipisahkan dengan *thresholding* menggunakan tiga panjang gelombang (Rrs: 412, 620 and 681 nm) dari data MERIS (Ouillon et al., 2008). Walaupun faktanya bahwa tidak ada algoritma generik untuk mengukur di wilayah suatu pesisir, belum pernah diusulkan merupakan pokok permasalahan untuk pengembangan pemetaan dengan penginderaan jauh (Acker et al., 2006).

Pada *paper* ini, dibangun mengikuti metode menggunakan relasi antara nilai konsentrasi MPT dengan *band* hijau dan *band* merah dari Landsat TM-8 (Tassan, 1997). Metode ini dibangun dengan mentransformasikan nilai *digital number* ke nilai reflektansi, lalu mengkorelasikan antara hasil pengukuran *in situ* sebelum pukul 12.<sup>00</sup> WIB dengan masing-masing *band* 3 dan 4. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bentuk fungsi korelasinya. Setelah itu, dilakukan korelasi antara pengukuran dengan nilai reflektansi dari *band*3 dan *band*4 secara bersamaan. Fungsi korelasi digunakan untuk menurunkan MPT dari *band*3 dan *band*4. Dengan menggabungkan dari kedua *band* tersebut diharapkan akan memperbaiki estimasi MPT yang sudah ada.

Daerah kajian adalah Teluk Lampung di provinsi Lampung. Terpilihnya teluk ini menjadi daerah kajian, karena Teluk Lampung merupakan salah satu daerah yang tercemar oleh pelabuhan, limbah pabrik, masyarakat, dan keramba ikan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Landsat 8 yang direkam pada 3 Juni 2015, dan data pengukuran

*in situ* di Teluk Lampung yang dilakukan pada tanggal 3 sampai 9 Juni 2015 dengan peralatan yang dibawa adalah GPS Garmin dan *water checker*.

## **2 TOTAL SUSPENDED MATTER/SOLID**

Wilayah pesisir merupakan ekosistem yang unik mengingat di kawasan ini terjadi interaksi antara ekosistem daratan dan ekosistem lautan. Secara sosio-ekonomis, kawasan pantai merupakan kawasan yang sangat potensial ditinjau dari segi kandungan sumber daya alamnya baik yang bersifat biotik (ikan dan hutan *mangrove*) maupun abiotik (lahan). Perairan Teluk Lampung merupakan salah satu contoh daerah yang wilayah pesisirnya digunakan untuk berbagai kegiatan seperti perikanan tangkap, budidaya mutiara, pariwisata, pelayaran, pelabuhan, permukiman, maupun kegiatan perdagangan sehingga apabila tidak terkendali, aktivitas ini secara ekologis dapat menyebabkan berbagai kerusakan sumber daya alam dan lingkungan yang akan berakibat terhadap penurunan kualitas lingkungan di kawasan pantai. Bahkan diindikasikan tingkat pencemaran akibat limbah organik dan logam berat sudah melampaui ambang batas, sejak 1972 dan cenderung meningkat (Dahuri, 2006). Muatan Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Matter*) adalah semua zat padat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) dan partikel-partikel anorganik.

Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi

kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat pada tersuspensi sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna. Sebaran zat padat tersuspensi di laut antara lain dipengaruhi oleh masukan yang berasal dari darat melalui aliran sungai, ataupun dari udara dan perpindahan karena resuspensi endapan akibat pengikisan. Analisis zat-zat padat tersuspensi sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap. Total zat padat terlarut mencerminkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu sampel air lebih kecil dibandingkan padatan tersuspensi. Padatan ini terdiri atas senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral, dan garam.

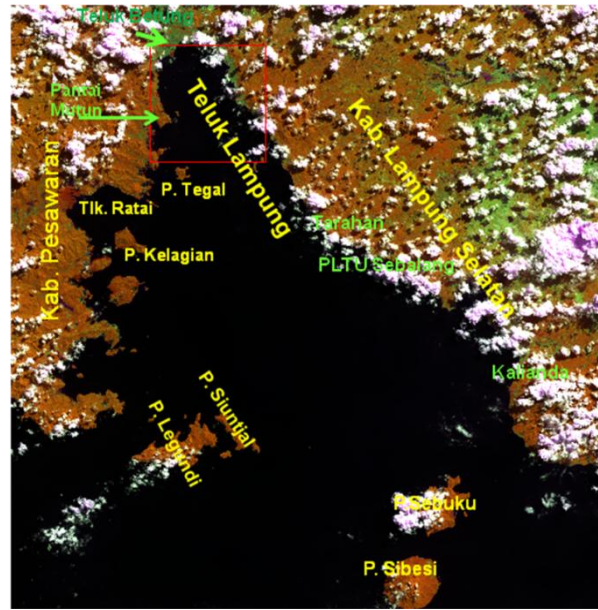
## **3 DATA DAN METODE**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Landsat 8 tanggal 3 Juni 2015 sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3-1. Pengukuran lapangan dilakukan pada 3 Juni sampai 9 Juni 2015. Hasil pengukuran MPT dapat dilihat pada Lampiran 1 sedangkan peralatan yang digunakan dalam pengukuran di lapangan adalah: *water checker* untuk mengukur temperatur, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, dan salinitas; *Global Positioning System* (GPS) Garmin 12 XL; perangkat lunak untuk memproses citra adalah ENVI dan IDL versi 5.0, ERDAS, dan *software* lainnya.



(a)

Citra batas administrasi Provinsi Lampung



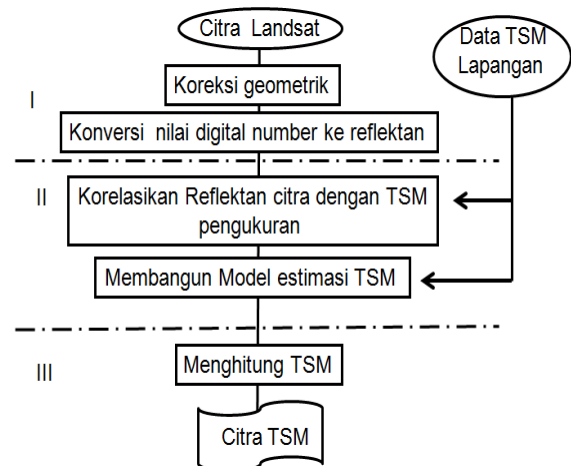
(b)

Citra RGB Landsat-8 pada 3 Juni 2015

Gambar 3-1: Citra RGB Landsat-8 pada 3 Juni 2015

Algoritma pemrosesan untuk mengestimasi atau mengekstraksi data Landsat 8 dapat dilihat pada Gambar 3-2. Proses ini secara umum dibagi dalam tiga tahapan, yaitu:

- a. Pengumpulan data, koreksi radiometrik, dan *resampling band* 2 dan 3 dari resolusi spasial 100 meter ke resolusi spasial 30 meter. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data, baik data lapangan maupun data citra. Kemudian dilakukan koreksi geometrik citra, agar titik koordinat citra sesuai dengan koordinat lokasi hasil pengukuran,
- b. Menghitung nilai reflektansi tiap piksel menggunakan formulasi  $\rho\lambda = M\rho * Q_{cal} + A\rho$ , dimana  $Q_{cal}$  adalah nilai *digital number*,  $M\rho$  adalah konstanta reflektansi multi kanal dengan nilai 0,00002, dan  $A\rho$  adalah konstanta dengan nilai -0,1,
- c. Mengkorelasikan antara nilai hasil pengukuran di lapangan dengan nilai reflektansi *band3* dan *band4*, didapat fungsi korelasi orde 3,
- d. Melalui dalil perbandingan 60:75, untuk menentukan koefisien polinomial  $a_0$ ,  $a_1$ , dan  $b_0, b_1$ .
- e. Menghitung MPT dengan fungsi korelasi untuk *band3* dan *band4*.

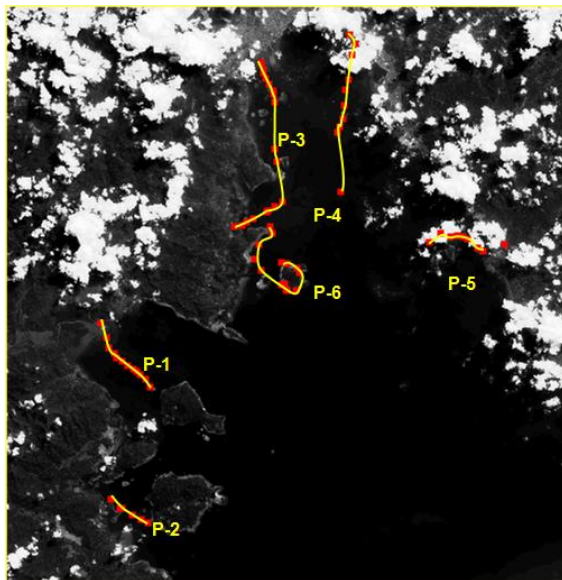


Gambar 3-2: Diagram alir ekstraksi dari data Landsat 8

#### 4 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

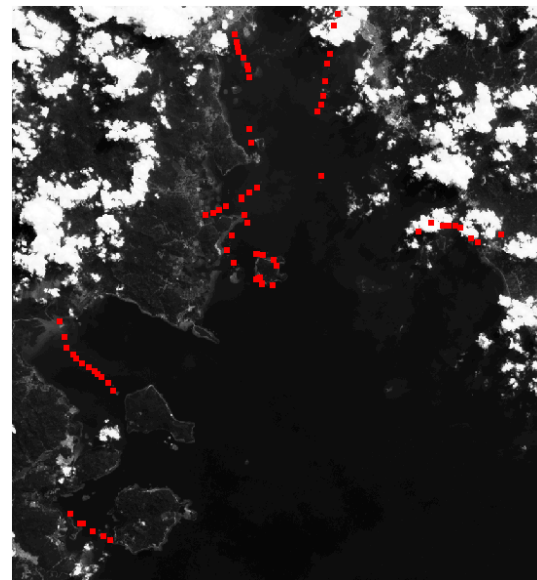
Setelah dilakukan koreksi geometrik, kemudian dihitung nilai reflektansi dari *band3* dan *band4*. Hasil perhitungan reflektansi yang diintegrasikan dengan titik pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4-1a dan 4-1b.

Gambar 4-1 adalah citra reflektansi pada *band-3* dan *band-4* dari citra Landsat 8 yang diintegrasikan dengan titik-titik pengamatan. Pada Gambar 4-1a pengamatan P1, P3, P4, dan P5 dilakukan sebelum pukul 12.00 WIB, sedangkan pengamatan P2 dan P6 dilakukan sesudah pukul 13.00 WIB.



(a)

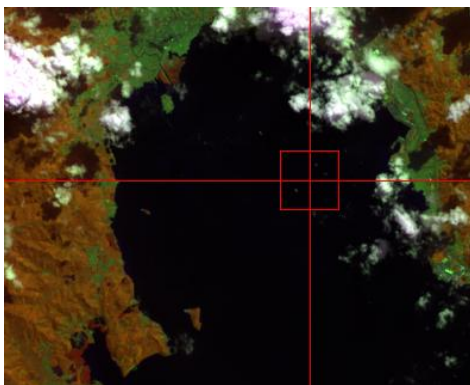
Citra Reflektansi B-3



(b)

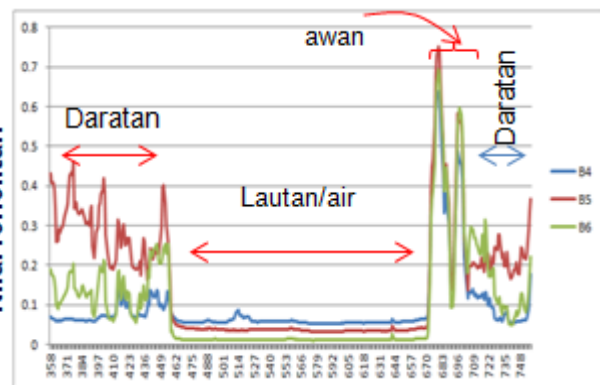
Citra Reflektansi B-4

Gambar 4-1: Integrasi titik-titik pengamatan dengan citra reflektansi dari Landsat 8, 3 Juni 2015



(a)

Citra Landsat-8 dan *tracing line*



(b)

Citra distribusi reflektansi dari *tracing line*

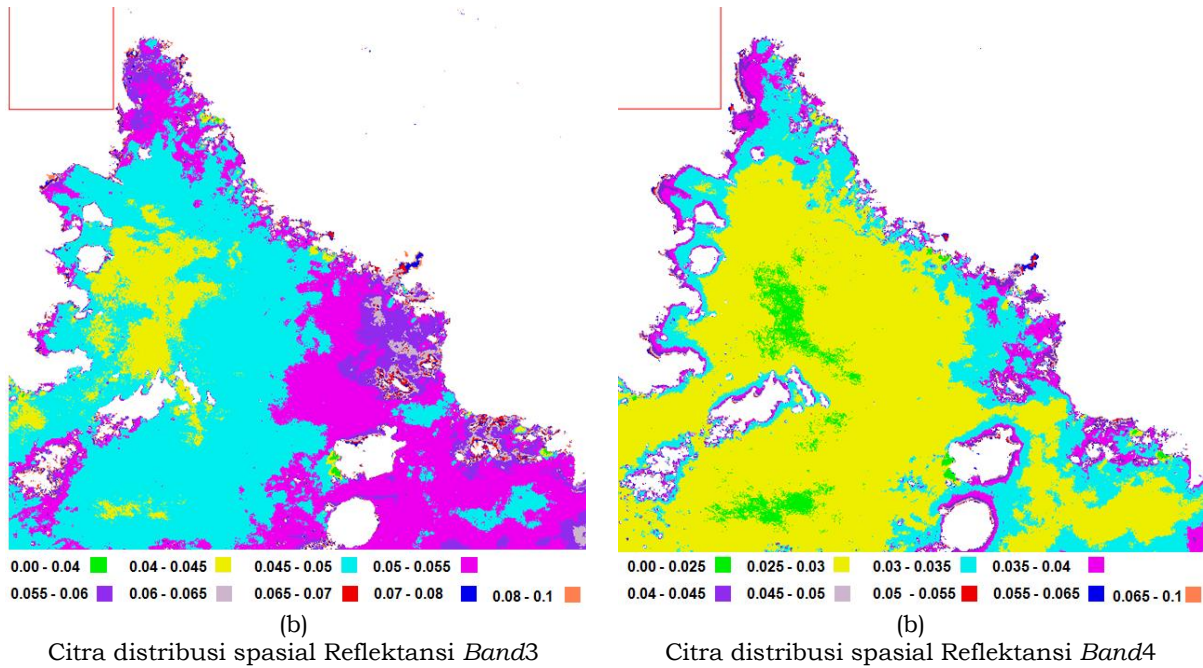
Gambar 4-2: Citra reflektansi RGB-564 dan frekuensi nilai reflektansi dari *tracing line*

Untuk lebih memperjelas serta memudahkan pengamatan distribusi spasial dari nilai reflektansi dari *band3* dan *band4*, maka dilakukan visualisasi hanya bagian lautnya saja, berarti bagian daratan dan awan bisa dianggap nol, untuk itu, dilakukan pengurangan antara *band* untuk dapat melakukan hal tersebut, maka perlu pengamatan frekuensi reflektansi dari tiap objek seperti terlihat pada Gambar 4-2.

Gambar 4-2a adalah citra RGB-564 dengan *tracing line* yang melintasi objek daratan, awan, dan laut. Gambar 4-2b adalah frekuensi nilai reflektansi

objek yang dilintasi oleh *tracing line*. Gambar 4-2b menunjukkan bahwa untuk obyek daratan atau awan nilai reflektansi *band5* lebih besar dari *band4* ( $R_{b5} > R_{b4}$ ) sedangkan untuk laut/air terjadi sebaliknya ( $R_{b5} < R_{b4}$ ). Maka dari grafik tersebut dapat disimpulkan apabila *band5* dikurangi *band4* bernilai positif ( $R_{b5} - R_{b4} \geq -0.01$ ), maka *band3* ataupun *band4* bernilai nol, bila tidak maka *band3* ataupun *band4* sesuai dengan masing-masing nilai reflektansinya. Hasil proses tersebut dan visualisasi dengan menggunakan *density slicing* pada Gambar 4-3.





Gambar 4-3: Citra distribusi reflektansi dari Landsat 8, 3 Juni 2015

Secara umum, Gambar 4-3, dapat dilihat jelas bahwa nilai reflektansi *band3* berada pada interval 0,04 sampai dengan 0.1  $\text{mg l}^{-1}$  (lihat Gambar 4-3a) lebih sempit dari pada nilai reflektansi dari *band4* berada pada interval 0,025 sampai dengan 0,1  $\text{mg l}^{-1}$  (Gambar 4-3b). Pada kedua gambar tersebut juga, nampak bahwa distribusi spasial nilai reflektansi di daerah dekat pantai lebih besar dibandingkan dengan di tengah laut. Pada Gambar 4-3a dan Gambar 4-3b nilai reflektansi dekat pantai berkisar maksimum (di Teluk Bandar Lampung) dan Kabupaten Lampung Selatan. Kedua gambar tersebut di atas menunjukkan bahwa perbandingan interval nilai reflektansi antara *band-3* dan *band-4* adalah 6:7,5 atau 60:75.

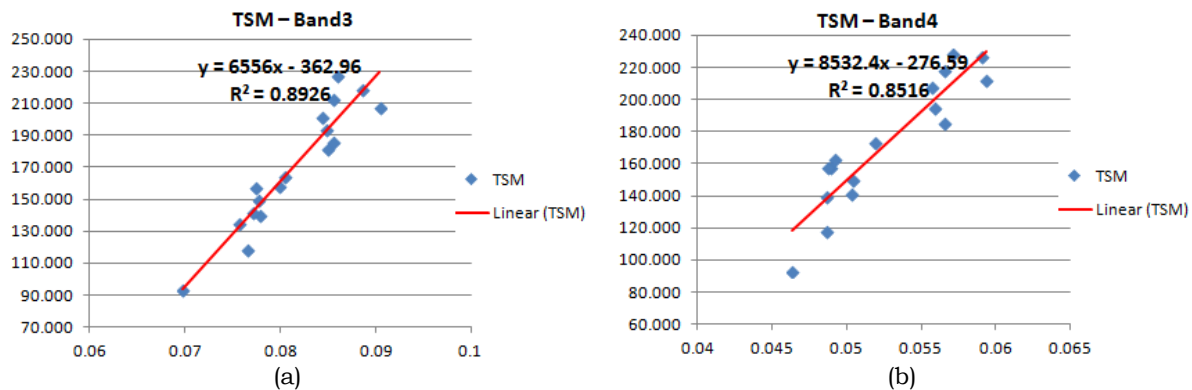
Model untuk mengekstraksi dari data Landsat-8 ditentukan dari fungsi korelasi antara pengamatan dengan

nilai reflektansi dari Landsat 8. Nilai pengamatan dan nilai reflektansi dari Landsat 8, yang mana dalam mengkorelasikan kedua nilai tersebut, hanya data pengukuran yang dilakukan sebelum pukul 12.00 WIB yang digunakan, sedangkan pengukuran yang dilakukan pada waktu sore hari (sesudah pukul 13.00 WIB) tidak diikutsertakan, dengan alasan, karena satelit mengambil informasi sebelum pukul 12.00 WIB atau waktu pukul 10.00 WIB. Beberapa fungsi korelasi telah dicoba, dan yang mempunyai fungsi korelasi terbesar adalah fungsi korelasi linier sebagai mana terlihat pada Gambar 4-4.

Fungsi korelasi untuk *band3* dan *band4* berturut-turut adalah:

$$Y = 6556 X - 362.95 \tag{4-1}$$

$$Y = 8532.4 X - 276.59$$



(a) Korelasi antara TSM dengan Band3

(b) Korelasi antara TSM dengan Band4

Gambar 4-4: Grafik korelasi antara pengamatan dengan band3 dan 4

Fungsi korelasi gabungan diperoleh dengan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$TSS_{(x_3,x_4)} = a X_3 + b X_4 + c \quad (4-2)$$

Konstanta  $a_n$  dan  $b_n$  ditentukan melalui tahapan berikut:

- Membandingkan interval-interval reflektansi antara band3 dan band4. Berdasarkan data di atas, perbandingannya adalah 60:75.
- Hitung setiap konstanta A,B,C dengan cara mengalikan antara hasil perbandingan dengan konstanta dari masing-masing konstanta. Jadi konstantanya berturut-turut adalah: 2313.77, 4741,11 dan 314.95.

Aplikasi formula di atas pada citra satelit Landsat dapat dilihat pada Gambar 4-5.

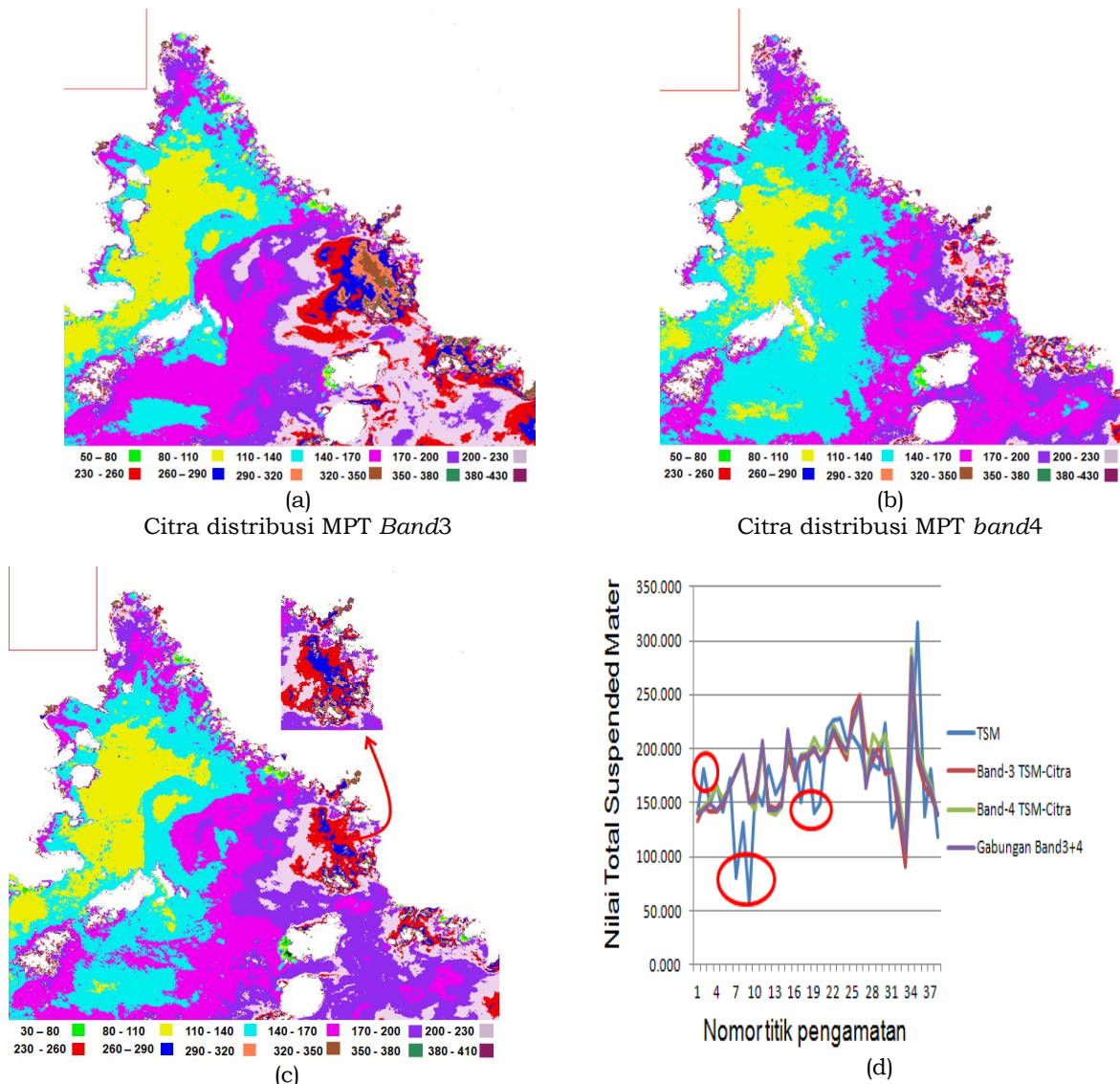
Gambar 4-5a dan 4-5b adalah citra distribusi spasial dari band3 dan band4 sedangkan Gambar 4-5c adalah citra distribusi spasial gabungan dan 4-5d adalah citra titik pengamatan antara pengamatan dengan hasil perhitungan band3, band4 dan band gabungan.

Gambar 4-5a memperlihatkan bahwa MPT minimum terdapat di bagian barat (50-80 mg $l^{-1}$ ) sedangkan di bagian timur (380-410 mg $l^{-1}$ ), Gambar 4-5b memperlihatkan bahwa paling rendah (50-80) mg $l^{-1}$  dan paling tinggi (260-300) mg $l^{-1}$ . Gambar 4-4c memperlihatkan bahwa paling rendah (30-80) mg $l^{-1}$  terdapat di sebelah barat sedangkan paling tinggi (380-410) mg $l^{-1}$  terdapat di

sebelah timur. Secara keseluruhan, ini menunjukkan bahwa sebelah barat airnya relatif lebih jernih karena banyak keramba jaring apung dan disebelah timur banyak sekali buangan pabrik dan limbah perkotaan serta limbah industri. TSM di pesisir dengan di tengah laut menunjukkan variasi yang sangat signifikan karena konsentrasi MPT berhubungan dengan kekeruhan. Jika konsentrasi tinggi dapat mengurangi penetrasi sinar matahari ke dalam tubuh air, makin tinggi konsentrasi makin tambah kekeruhan air. MPT dapat dipantau setiap saat menggunakan satelit penginderaan jauh.

Gambar 4-5d adalah hasil pengukuran lapangan/laboratorium dengan hasil perhitungan citra. Dalam hal ini bisa dilihat bahwa hasil perhitungan pada titik pertama dan titik terakhir yang hampir sama sedangkan titik pengamatan di lain tempat ke 3, ke 8, ke 11, ke18, dan ke 19) terdapat perbedaan yang mencolok sekali (terdapat selisih yang cukup besar sekali). Hal ini dimungkinkan karena citra tidak 100% clear sehingga mempengaruhi hasil perhitungan (perhitungan menjadi lebih tinggi dari sebenarnya). Keakuratan dalam perhitungan masih tinggi 30% sampai dengan 40%.

Secara umum, pendekatan model yang dibuat dapat digunakan untuk mendeteksi pola distribusi MPT hingga beberapa dekade di Teluk Lampung.



Gambar 4-5: Distribusi spasial MPT di Teluk Lampung dan nilai pengamatan tiap titik

## 5 KESIMPULAN

Penggunaan penginderaan jauh memberikan kesempatan untuk mendeteksi/mengekstraksi MPT di perairan dangkal. Pengamatan berbasis Landsat 8 dapat memberikan gambaran spasial secara umum. Namun, satelit Landsat 8 mempunyai resolusi temporal setiap 16 hari sehingga agak sulit untuk dapat melihat distribusi *spatial* MPT secara harian.

Konsentrasi MPT untuk 3 Juni 2015 adalah bagian barat (50-80 mg/l<sup>-1</sup>) sedangkan di bagian timur (380-410 mg/l<sup>-1</sup>). berarti konsentrasi sebelah barat lebih rendah dibandingkan sebelah timur. Hal ini dikarenakan sebelah timur sudah terkontaminasi dengan pabrik, buangan benda padat oleh manusia, sedangkan

sebelah barat karena banyak keramba jaring apung ikan, dan *magrove*.

Berdasarkan hasilnya antara hasil pengukuran dan hasil perhitungan, masih jauh dari sempurna, salah satu faktornya adalah dalam menentukan nilai *thresholding* pada saat menentukan batas antara awan, laut, dan darat (akurasi 60%). Hal ini menunjukkan bahwa model ini masih membutuhkan perbaikan.

Secara umum, model yang dibuat dapat digunakan untuk memantau pola distribusi spasial hingga beberapa dekade di Teluk Lampung.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Syarif Budhiman M.Sc, sebagai Kepala Bidang Sumber Daya Pesisir dan Laut

dan kepada Tim Riset Sumber Daya Pesisir, yang telah banyak membantu dalam mengerjakan penyelesaian kegiatan ini; serta Bapak H. Mahdi Kartasasmita yang telah memberikan beberapa saran dalam penyelesaiannya.

## DAFTAR RUJUKAN

- Acker J., 2006. *Toward a working (and workable) definition of Total Suspended Matter*, Total Suspended Matters, 1 (3), 1-2.
- Aldabash D.I.M., Şanlı B.F., 2016. *Analysis of Multi Temporal Satellite Imagery for Total Suspended Sediments in a Wave-Active Coastal Area-Gaza Strip Coastal Water, Palestine*, International Journal of Environment and Geoinformatics, Vol. 3 No.1.
- Arief, M., 2012. *Pemetaan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Satelit Landsat, Study Kasus: Teluk Semangka*, Jurnal Penginderaan jauh dan Pengolahan Citra Digital ISSN- 1412-8098, Akreditasi : Nomor: 429/Akred-LIPI/04/2012, Vol. 9, No.1.
- Arief, M., Lestari L.W., 2006. *Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Nilai Klorofil-A, Suhu Permulaan Periran dan Muatan Padatan Tersuspensi Menggunakan Data Citra Satelit Landsat 7+*, Jurnal Penginderaan Jauh, Vol 3, Juni, 108-118.
- Binding, C.E.; Bowers, D.G.; Mitchelson-Jacob, E.G., 2005. *Estimating Suspended Sediment Concentrations from Ocean Colour Measurements in Moderately Turbid Waters; the Impact of Variable Particle Scattering Properties*, Remote Sensing Env.2005, 94(3), 373-383.
- Dahuri, R., 2006. *Akar Permasalahan Pencemaran Teluk Jakarta dan Strategi Penanggulangannya*, LSM-B2M dan PPLH-IPB, Jakarta, 31 Maret 2005.
- Dekker, A.G., 1997. *Operational Tools for Remote Sensing of Water Quality: a Prototype Tool Kit*, Vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Environmental Studies, BCRS Report 96-18.
- Dekker, A.G., Vos, R.J., and Peters, S.W.M., 2002. *Analytical Algorithms for Lake Water Estimation for Retrospective Analyses of TM and SPOT Sensor Data*, Int. J. of Remote Sensing, 23, 15-35.
- Deutsch E., Alameddine I., El-Fadel M., 2014. *Developing Landsat Based Algorithms to Augment in Situ Monitoring of Freshwater Lakes and Reservoirs*, 11<sup>th</sup> International Conference on Hydroinformatics, New York City, USA.
- Dihkan, M.; Karsli, F.; Guneroglu, A., 2011. *Mapping Total Suspended Matter Concentrations in the Black Sea using Landsat TM Multispectral Satellite Imagery*, Fresenius Environ. Bull., 20, 262-269.
- Doxaran, D.; Froidefond, J.M.; Lavender, S.; Castaing, P., 2002. *Spectral Signature of Highly Turbid Waters: Application with SPOT Data to Quantify Suspended Particulate Matter Concentrations*. Remote Sensing Env., 81 (1), 149-161.
- Fan F., Qiu M., Ma Y., Fan W., 2012. *Monitoring and Analyzing Water Pollution of the Pearl River Inguangzhou Section by using Remote Sensing Images and Fieldacquisition Data*, Advances in information Sciences and Service Sciences (AISS)Vol.4, NO.8, May 2012, doi: 10.4156/AISS.vol4. issue 8.9.
- Hellweger, F. L., W. Miller, and K. S. Oshodi, 2006. *Mapping Turbidity in the Charles River, Boston using a High Resolution Satellite*, Environ, Monit. Assess., 132, 311-320, doi:10.1007/s10661-006-9535-8.
- Islam, M. R., Y. Yamaguchi, and K. Ogawa, 2001. *Suspended Sediment in the Ganges and Brahmaputra Rivers in Bangladesh: Observation from Tmand AVHRR Data*, Hydrol. Processes, 15, 493- 509, doi:10.1002/hyp.165.
- Lailia N., Arafaha F., Jaelania L.M., Subehie L., Pamungkas A., Koenhardonoc E.S., Sulisetyonod A., 2015. *Development of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms for Estimating Total Suspended Solids and Chlorophyll-a Concentration using Landsat-8 Imagery at Poteran Island Water* ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-2/W2, Joint International

- Geoinformation, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Mao Z. Chen J., Pan D., Tao B., Zhu Q., 2012. *A Regional Remote Sensing Algorithm For Total Suspended Matter in the East China Sea*, *ELSEVIER, Remote Sensing of Environment*, 124, 819-831.
- Michael, P., 1995. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan dan Laboratorium*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Miller, R. L., and B. A. McKee, 2004. *Using MODIS Terra 250 M Imagery to Map Concentrations of Total Suspended Matter in Coastal Waters*, *Remote Sens. Environ*, 93, 259-266, doi: 10.1016/j.rse.2004.07.012.
- Min J.E., Ryu J.H., Lee S. & Son S., 2012. *Monitoring of Suspended Sediment Variation using Landsat Andmodis in the Saemangeum Coastal Area of Korea*, *Marine Pollution Bulletin* 64: 382-390.
- Ouillon S., Douillet P., Petrenko A., Neveux J., Dupouy C., Froidefond J-M., Andréfouët S. and Muñoz-Caravaca A., 2008. *Optical Algorithms at Satellite Wavelengths for Total Suspended Matter in Tropical Coastal Waters*, *Sensors*, Vol.8, 4165-4185; DOI: 10.3390/s8074165.
- Ritchie, J.C., M.C. Charles and F.R. Schiebe, 1990. *The Relation-Ship of MSS and TM Digital Data with Suspended Sediments, Chlorophyll, and Temperature in Moon Lake, Mississippi*, *Remote Sens. Environ*, 33:137-148.
- Shi, W., dan Wang M., 2009. *Satellite Observations of Flood-Driven Mississippi River Plume in the Spring of 2008*, *Geophys. Res. Lett.*, 36, L07607, doi: 10.1029/2009GL037210.
- Song K., Li L., Wang Z., Liu D., Zhang B, Xu J., Du J., Li L., Li S., 2012. *Retrieval of Total Suspended Matter and Chlorophyll-A Concentration from Remote-Sensing Data for Drinking Water Resources*, *Environmental Monitoring and Assessment*, Mrch, Vol. 184, issue 3, 1449 -1470.
- Tang, D. L., Ni, I. -H., Muller-Karger, F. E., & Liu, Z. J., 1998. *Analysis of Annual and Spatial Patterns of CZCS-Derived Pigment Concentration on the Continental Shelf of China*, *Continental Shelf Research*, 18, 1493-1515.
- Tassan, S., 1997. *A Numerical Model for the Detection of Sediment Concentration in Stratified River Plumes using Thematic Mapper Data*, *Int. J. Remote Sens.*, 18(12), 2699-2705.
- Wang, Y.J.; Yan, F.; Zhang, P.Q.; Dong, W.J., 2007. *Experimental Research on Quantitative Inversion Model of Suspended Sediment Concentration using Remote Sensing Technology*, *Chinese geographical science*, 17 (3), 243-249.
- Wozniak, S.B.; dan Stramski, D., 2004. *Modeling the Optical Properties of Mineral Particles Suspended in Seawater and their Influence on Ocean Reflectance and Chlorophyll Estimation from Remote Sensing Algorithms*, *Applied Optics*, 43 (17), 3489-3503.
- Zhang, Y.Z.; Pulliainen, J.T.; Koponen, S.S.; Hallikainen, M.T., 2003. *Water Quality Retrievals from Combined Landsat TM Data and ERS-2 SAR Data, in the Gulf of Finland*, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2003, 41 (3), 622-629.
- Zheng Z., Li Y., Guo Y., Xu Y., Liu G. and Du C., 2015. *Landsat-Based Long-Term Monitoring of Total Suspended Matter Concentration Pattern Change in the Wet Season for Dongting Lake, China*, *Remote Sensing*, 7, 13975- 13999. doi:10.3390/rs710139.

**Lampiran-1**

<b>TSM</b>	<b>Biru</b> Band 2	<b>Green</b> Band 3	<b>merah</b> Band 4	<b>NIR</b> Band 5	<b>SWIR</b> Band 6	<b>SWIR</b> Band 7
139.539	0.117282	0.075544	0.048591	0.033297	0.010319	0.005262
181.380	0.117641	0.077469	0.049361	0.033601	0.011166	0.00575
149.440	0.118514	0.076981	0.050363	0.03627	0.012655	0.006483
165.810	0.117359	0.076853	0.049567	0.035013	0.01209	0.006238
141.220	0.118693	0.077726	0.050311	0.034679	0.011808	0.005904
173.040	0.119926	0.08037	0.051826	0.037271	0.013476	0.007213
80.290	0.121209	0.082346	0.054187	0.039787	0.015554	0.008702
131.910	0.128422	0.087968	0.057627	0.042765	0.012064	0.006263
57.160	0.12891	0.091484	0.060117	0.037477	0.010704	0.00498
221.560	0.160688	0.135738	0.112533	0.161663	0.056395	0.031214
162.864	0.119027	0.079728	0.049182	0.034294	0.009138	0.003619
148.288	0.129089	0.091176	0.059629	0.059039	0.016608	0.008317
184.008	0.118385	0.077828	0.049028	0.033472	0.009703	0.004389
157.624	0.117025	0.077341	0.048668	0.035937	0.009421	0.004261
169.428	0.117436	0.07829	0.049207	0.036989	0.009626	0.004261
157.304	0.115973	0.077546	0.048874	0.039915	0.010165	0.004389
158.323	0.128295	0.090894	0.062658	0.057473	0.015093	0.006982
119.696	0.122621	0.083039	0.054726	0.046564	0.012526	0.00575
186.544	0.124264	0.085452	0.055779	0.043458	0.012347	0.005596
189.708	0.121337	0.081294	0.053161	0.038889	0.011243	0.005185
150.004	0.126394	0.084169	0.055548	0.038812	0.012218	0.00593
194.924	0.126728	0.084682	0.055881	0.039325	0.011756	0.005647
139.996	0.128088	0.085734	0.057678	0.039659	0.01304	0.006212
148.591	0.125881	0.084143	0.055984	0.043175	0.012886	0.006417
218.164	0.123417	0.085478	0.056523	0.03704	0.011602	0.005545
226.740	0.128319	0.088532	0.059013	0.040146	0.012706	0.005981
227.980	0.126805	0.085863	0.057088	0.040223	0.012295	0.005724
207.672	0.125162	0.08422	0.055702	0.039222	0.012706	0.006084
212.296	0.129474	0.090381	0.059347	0.043304	0.014708	0.007341
201.132	0.143515	0.10745	0.072361	0.056908	0.018841	0.009164
173.532	0.126908	0.086787	0.059039	0.037862	0.013348	0.006648
185.540	0.12393	0.08481	0.056497	0.036527	0.01209	0.005853
181.540	0.125213	0.086274	0.058448	0.036655	0.013682	0.007085
224.048	0.119643	0.082166	0.05411	0.03301	0.010576	0.005159
126.596	0.121389	0.082321	0.054624	0.033986	0.011525	0.005288
147.592	0.118308	0.076417	0.050748	0.033293	0.010319	0.005005
134.540	0.161894	0.12606	0.10111	0.13987	0.076083	0.041763
177.860	0.490355	0.488533	0.507066	0.648322	0.541334	0.422383
220.392	0.352461	0.331541	0.330514	0.287236	0.353873	0.270551
92.808	0.111814	0.069691	0.046333	0.031701	0.011551	0.006956
142.456	0.685568	0.691908	0.736854	0.781929	0.621447	0.427466
164.028	0.176064	0.133967	0.108631	0.111506	0.06294	0.041045
185.936	0.140486	0.096669	0.066842	0.048206	0.019945	0.012321
175.584	0.167773	0.138587	0.111301	0.104986	0.099442	0.081114
193.528	0.13774	0.099031	0.07023	0.054495	0.04107	0.030854
145.276	0.1314	0.104576	0.078034	0.376975	0.188385	0.080883
126.696	0.362369	0.3367	0.338035	0.401386	0.365963	0.28775
317.332	0.125188	0.083989	0.056651	0.043458	0.014092	0.006802
137.760	0.12257	0.079779	0.053315	0.037733	0.011602	0.005313
181.384	0.121568	0.079394	0.052493	0.040608	0.011448	0.005134
118.208	0.118591	0.076417	0.048566	0.031059	0.009652	0.004723
Minimum			0.069691	0.046333	0.031059	0.009138
Maximum			0.691908	0.736854	0.781929	0.621447
max - Min			0.622217	0.690522	0.75087	0.612308
skala = B4:b3 adalah		1.109777				

## INDEKS PENGARANG

### A

Anjar Pranggawan Azhari  
Any Zubaidah  
Arief Rachmansyah

1[13,1]  
13[13,1]  
1[13,1]

### N

Nanik Suryo Haryani  
Nunung Noer Aziizah

35[13,1]  
61[13,2]

### D

Dony Kushardono

85[13,2]

### P

Parwati

13[13,1]

### E

Ety Parwati

109[13,2]

### R

R Johannes Manalu  
Risyanto  
Rossi Hamzah

49[13,1]  
25[13,1]  
97[13,2]

### H

Hana Listi Fitriana

35[13,1]

### S

Sarno  
Sartono Marpaung  
Sayidah Sulma  
Sinta Berliana Sipayung  
Sukir Maryanto  
Suwarsono  
Syamsul Bahri Agus  
Syifa Adhawiyah

73[13,2]  
97[13,2]  
35[13,1]  
25[13,1]  
1[13,1]  
13[13,1]  
61[13,2]  
109[13,2]

### J

Junita Monika Pasaribu

35[13,1]

### K

Krismianto

25[13,1]

### M

M. Rokhis Khomaruddin  
Maryani Hartuti  
Muchlisin Arief

13[13,1]  
109[13,2]  
109[13,2]

### T

Teguh Prayogo

97[13,2]

### V

Vincentius Paulus Siregar

61[13,2]

## INDEKS KATA KUNCI

<b>B</b>		<b>N</b>	
Band tekstur	50,54,55[13,1]	Neural network	85,86,87,88,89,92,9
Berbasis obyek	50,52,53,54,57,58,59,		3,95[13,2]
	60[13,1]	<b>P</b>	
Berbasis piksel	49,50,52,53,54,55,56,	Padatan tersuspensi total	110[13,2]
	57,58,59,60[13,1]	Panasbumi	2,3,8,9,10[13,1]
Blawan-Ijen	1,2,10,11[13,1]	Patahan	2,3,4,5,8,9,10,
Burned area	13,14,15,16,17,18,20,		11[13,1]
	21,22[13,1]	Pelaksanaan	73,74,75,77,79,
<b>D</b>			83[13,2]
Deteksi front	98,99[13,2]	PiSAR-L2	49,50,51,52,53,54,5
Diseminasi	73,74,79,80[13,2]		5,6,57,58,
Dua dimensi	109,110[13,2]	Poligon	59,60[13,1]
			98,100,101,102,103,
<b>E</b>			104,105,106,
Ekstraksi	110,113,115,	Pulau Tunda	107[13,2]
	117[13,2]	Pusat geometri	62,63,65,66,70[13,2]
<b>H</b>			98,100,101,102,
Hiperspektral	85,86,87,88,91,92,95,		103,104,105,
	96[13,2]		106[13,2]
<b>I</b>		Pustaka Spektral	62,63,65,70[13,2]
Informasi	73,74,75,76,77,78,79,		
	81,82,83,84,98	<b>R</b>	
	99,100,101,102,15,	Reflektansi	110,113,114,115,
	106,107[13,2]		116[13,2]
<b>K</b>		<b>S</b>	
Klasifikasi	86,87,88,89,90,91,92,	SAM	61,62,63,65,66,
	93,94, 95,96[13,2]		69,70[13,2]
<b>L</b>		Spectral Angle Mapper	35,36,47[13,1]
Lamun	61,62,63,64,65,66,67,	Spectral Mixture Analysis	36,45,47[13,1]
	68,69,70, 71[13,2]	SPL	98,99,100[13,2]
Landsat	1,2,3,4,5,6,7,8,10,	Suhu permukaan tanah	1,2,3,4,7,8,9,
	11[13,1]		10[13,1]
Landsat-8 TIRS	13,14,15,17[13,1]	<b>T</b>	
Landsat-8	35,36,37,38,47	Teknologi	74,75,76,78,79,80,82,
	[13,1]		83[13,2]
	109,110,111,113	Teluk Lampung	109,110,111,112,
	114,115,118[13,2]		116, 117[13,2]
Limbah lumpur asam	35,36,47[13,1]	Temperatur	12,14,16,17,18,20,
LULC	85,86,93[13,2]		21,23,24,25,26
			28,29,30,31,32,
			33,34[13,1]
<b>M</b>		Terbuka	74,75,79,80,82,
MOD07/MYD07	23,24,25,26,31[13,1]		83[13,2]
Model	73,74,75,76,77,78,79,	<b>U</b>	
	80,81, 82,83[13,2]	Uap air	23,24,25,26,28,29,
MODIS	23,24,25,26,27,28,29,		30,31,32[13,1]
	30,31, 32,33,34[13,1]		



**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 Pertama<sup>1</sup>, Penulis Kedua<sup>2</sup>, dst<sup>n</sup> ← (Nama Penulis Tanpa gelar)**  
**(10,5 pt, Franklin Gothic Medium, bold)**

<sup>1</sup>Instansi Penulis Pertama

<sup>2</sup>Instansi Penulis Kedua

dst<sup>n</sup>....

**(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  $m$ .

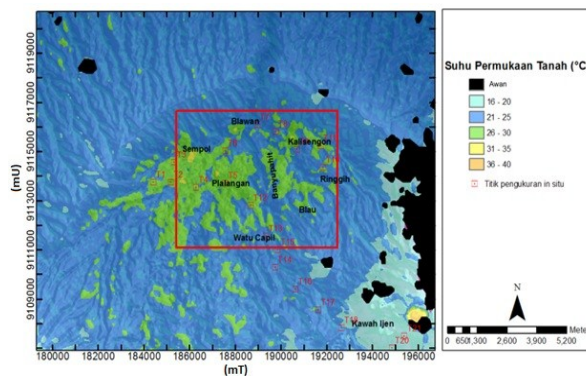
## 3 HASIL PEMBAHASAN

(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 <sup>2</sup> sr μm	0,80 K	0,4 K	0,27 K
11	360 K	17,8 W/m <sup>2</sup> 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 pembahasan 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 meja 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 submit kedalam OJS Jurnal Ilmiah LAPAN, e-mail ke Sekretariat 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.

Escuider, 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.*

Mumby 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.