



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

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

• **Editor in Chief**

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

• **Section Editor**

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

Proofreader

Drs. Sarno, MT (Teknik Sistem Informasi)/LAPAN

Reviewer

Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D (Aplikasi Penginderaan Jauh)/UGM

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

Dr. Ir. Boedi Cahyono, DEA (Geomorfologi, Kebencanaan Alam dan Lingkungan)/IPB

Dr. Ir. Lailan Syaufina, M.Sc (Kebakaran Hutan Dan Lahan)/IPB

Dr. Agustan, M.Sc (Penginderaan Jauh Kebumihan)/BPPT

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

Dr. Ety Parwati, M.Si (Teknologi Penginderaan Jauh)/LAPAN

Ir. Suhermanto (Teknologi Sensor dan Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh)/LAPAN

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

Irianto, S.Kom

Dwi Haryanto, S.kom

Aulia Pradipta, SS

Tata Letak

M. Luthfi

Gambar cover, Landsat 8 tahun 2015 RGB 432 Ujung Pangkah, Gresik Jawa Timur

Alamat Penerbit:

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

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

Fax : (021) - 47882726

Email : publikasi@lapan.go.id

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

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

DAFTAR ISI

	Halaman
ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI UJUNG PANGKAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE EDGE DETECTION DAN NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX (UJUNG PANGKAH SHORELINE CHANGE ANALYSIS USING EDGE DETECTION METHOD AND NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX) Nanin Anggraini, Sartono Marpaung, dan Maryani Hartuti	65 – 78
PENGARUH ASIMILASI DATA PENGINDERAAN JAUH (RADAR DAN SATELIT) PADA PREDIKSI CUACA NUMERIK UNTUK ESTIMASI CURAH HUJAN (IMPACT OF REMOTE SENSING DATA ASSIMILATION (RADAR AND SATELLITE) ON NUMERICAL WEATHER PREDICTION FOR RAINFALL ESTIMATION) Jaka Anugrah Ivanda Paski	79 – 88
KLASIFIKASI MULTIKSKALA UNTUK PEMETAAN ZONA GEOMORFOLOGI DAN HABITAT BENTIK MENGGUNAKAN METODE OBIA DI PULAU PARI (MULTISCALE CLASSIFICATION FOR GEOMORPHIC ZONE AND BENTHIC HABITATS MAPPING USING OBIA METHOD IN PARI ISLAND) Ari Anggoro, Vincentius P. Siregar, dan Syamsul B. Agus	89 – 100
MODEL KOREKSI ATMOSFER CITRA LANDSAT-7 (ATMOSPHERIC CORRECTION MODELS OF LANDSAT-7 IMAGERY) Fadila Muchsin, Liana Fibriawati, dan Kuncoro Adhi Pradhono	101 – 110
OPTIMASI PARAMETER DALAM KLASIFIKASI SPASIAL PENUTUP PENGGUNAAN LAHAN MENGGUNAKAN DATA SENTINEL SAR (PARAMETERS OPTIMIZATION IN SPATIAL LAND USE LAND COVER CLASSIFICATION USING SENTINEL SAR DATA) Galdita Aruba Chulafak, Dony Kushardono, dan Zylshal	111 – 130

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. 14, No. 2, Desember 2017 hadir ke hadapan sidang pembaca.

Terbitan kali ini menyetengahkan 5 (lima) artikel yang ditulis oleh para peneliti bidang penginderaan jauh, yaitu: Nanin Anggraini, Sartono Marpaung, dan Maryani Hartuti menulis "Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Pangkah Dengan Menggunakan Metode Edge Detection Dan Normalized Difference Water Index (Ujung Pangkah Shoreline Change Analysis Using Edge Detection Method And Normalized Difference Water Index)". Penelitian ini bertujuan untuk deteksi perubahan garis pantai di Ujung Pangkah Kabupaten Gresik yang disebabkan oleh adanya akresi dan abrasi dengan menggunakan filter *edge detection* dan NDWI pada data Landsat temporal (tahun 2000 dan 2015).

"Pengaruh Asimilasi Data Penginderaan Jauh (Radar Dan Satelit) Pada Prediksi Cuaca Numerik Untuk Estimasi Curah Hujan (*Impact Of Remote Sensing Data Assimilation (Radar And Satellite) On Numerical Weather Prediction For Rainfall Estimation*)". Merupakan artikel kedua ditulis oleh Jaka Anugrah Ivanda Paski. Penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa jauh perbaikan hasil prediksi estimasi curah hujan numerik setelah dilakukan asimilasi data penginderaan jauh jika dibandingkan dengan tanpa asimilasi data. Data observasi pada model prediksi numerik yang digunakan untuk asimilasi adalah data observasi permukaan sinoptik, data radar Doppler C-Band *Enterprise Electronics Corporation* (EEC) BMKG Tangerang (Paski, 2016), data dari satelit sensor AMSU-A dan satelit sensor MHS.

Artikel ketiga adalah "Klasifikasi Multiskala Untuk Pemetaan Zona Geomorfologi Dan Habitat Benthik Menggunakan Metode Obia Di Pulau Pari (*Multiscale Classification For Geomorphic Zone And Benthic Habitats Mapping Using Obia Method In Pari Island*)", ditulis oleh Ari Anggoro, Vincentius P. Siregar, dan Syamsul B. Agus. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona geomorfologi dan habitat benthik berdasarkan klasifikasi multiskala dengan optimasi parameter segmentasi dengan menggunakan metode OBIA di gugus Pulau Pari. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi metode alternatif untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat benthik di perairan Indonesia..

Fadila Muchsin, Liana Fibriawati, dan Kuncoro Adhi Pradhono menulis "Model Koreksi Atmosfer Citra Landsat-7 (*Atmospheric Correction Models Of Landsat-7 Imagery*)". Penelitian ini bertujuan menerapkan model koreksi atmosfer yaitu 6S, FLAASH, dan LEDAPS pada data Landsat-7 level 1T dan membandingkan dengan citra reflektan TOA berdasarkan respon spektral obyek dan nilai NDVI.

Artikel terakhir "Optimasi Parameter Dalam Klasifikasi Spasial Penutup Penggunaan Lahan Menggunakan Data Sentinel SAR (*Parameters Optimization In Spatial Land Use Land Cover Classification Using Sentinel SAR Data*)", ditulis oleh Galdita Aruba Chulafak, Dony Kushardono, dan Zylshal. Pada penelitian ini dikaji mengenai penggunaan fitur tekstur dalam klasifikasi dengan berbagai parameter seperti ukuran jendela piksel, orientasi ketetangaan, dan jenis dari fitur tekstur yang digunakan pada data Sentinel-1, sehingga diperoleh parameter yang optimal.

Sidang pembaca yang budiman,

Demikianlah kelima artikel yang kami sajikan dalam Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 14, No. 2, Desember 2017. 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 2017

Redaksi

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

ISSN 1412 – 8098

Vol. 14 No. 1, Juni 2017

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LAYANAN WEB SPASIAL INFORMASI PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH = DEVELOPMENT OF SPATIAL WEB SERVICES FOR REMOTE SENSING APPLICATION INFORMATION/Sarno J. INDERAJA, 14 (1) 2017 : 1 - 10

Pelaksanaan diseminasi informasi pemanfaatan penginderaan jauh melalui pengelolaan Sistem Pemantauan Bumi Nasional di Pusat Pemanfaatan Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dapat dicapai dengan memperluas dan melengkapi mekanisme pelaksanaan diseminasi cara tradisional dengan pengembangan layanan web spasial. Layanan tersebut merupakan standar yang didefinisikan oleh *Open GeoSpasial Consortium*, yang memungkinkan mekanisme pelaksanaan diseminasi lebih interoperabilitas dan sangat membantu dalam penyelenggaraan fungsi pelaksanaan pemanfaatan data dan diseminasi informasi pemanfaatan penginderaan jauh. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan menyediakan metode pengembangan layanan web spasial informasi pemanfaatan penginderaan jauh. Metode penelitian meliputi pengaturan persyaratan awal, pemrograman file map dan pengujian layanan web spasial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa layanan web spasial berbasis perangkat lunak *University of Minnesota Mapserver* telah berhasil di implementasikan dan dilakukan pengujian menggunakan klien layanan web map nyata *Google Map* dan *QGIS Desktop* melalui studi kasus informasi perubahan tutupan hutan di Indonesia.

Kata kunci: *diseminasi, informasi, layanan web spasial, penginderaan jauh, tutupan hutan*

VALUASI JUMLAH AIR DI EKOSISTEM LAHAN GAMBUT DENGAN DATA LANDSAT 8 OLI/TIRS = WATER CONTENT VALUATION IN PEATLAND ECOSYSTEM BY USING LANDSAT 8 OLI/TIRS/Idung Risdiyanto, Alan Nur Wahid J. INDERAJA, 14 (1) 2017 : 11 - 24

Ekosistem lahan gambut menyimpan air dalam bentuk gas di udara, dan cair dalam tanah gambut dan vegetasi. Keberadaannya mempengaruhi nilai spektral radian yang diterima oleh sensor satelit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model empirik yang dapat diaplikasikan untuk interpretasi citra satelit dalam pendugaan jumlah air di ekosistem lahan gambut. Metode penelitian terdiri dari pengukuran lapangan dan interpretasi data satelit LANDSAT 8. Parameter cuaca seperti radiasi, suhu udara, suhu permukaan, evapotranspirasi (ET), kelembaban udara (RH), kadar air tanah (KAT) dan biomassa diukur di lapangan pada setiap jenis tutupan lahan. Hasil-hasil pengukuran lapangan digunakan untuk memvalidasi parameter-parameter yang diturunkan dari data satelit LANDSAT 8. Jumlah air di udara yang dinilai dari ET dan RH, jumlah air di tanah dinilai dengan laju pemanasan tanah (G) dan jumlah air di vegetasi dengan biomassa. Hasil validasi antara data lapangan dengan data LANDSAT 8 menunjukkan hanya nilai ET ($r^2=0,71$), RH ($r^2=0,71$), dan biomassa ($r^2=0,87$) mempunyai hubungan yang kuat, sedangkan nilai G tidak mempunyai hubungan yang kuat dengan KAT. Penelitian ini menyimpulkan bahwa data satelit LANDSAT 8 hanya dapat digunakan untuk menghitung jumlah air yang tersimpan di udara dan vegetasi. Oleh karena itu, pendugaan jumlah air di ekosistem lahan gambut dengan data satelit hanya dapat dilakukan di atas permukaan.

Kata kunci : *air; biomassa; gambut; kelembaban; Lansat 8*

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

ISSN 1412 – 8098

Vol. 14 No. 1, Juni 2017

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

ESTIMASI PRODUKTIVITAS PRIMER PERAIRAN BERDASARKAN KONSENTRASI Klorofil-A YANG DIEKSTRAK DARI CITRA SATELIT LANDSAT-8 DI PERAIRAN KEPULAUAN KARIMUN JAWA=ESTIMATION OF SEA PRIMARY PRODUCTIVITY BASED ON CHLOROPHYLL-A CONCENTRATION DERIVED FROM SATELLITE LANDSAT-8 IMAGERY IN KARIMUN JAWA ISLAND/Mulkan Nuzapril, Setyo Budi Susilo, James Parlung Panjaitan
J. INDERAJA, 14 (1) 2017 : 25 – 36

Produktivitas primer perairan merupakan faktor penting dalam pemantauan kualitas perairan laut karena berperan dalam siklus karbon dan rantai makanan bagi organisme heterotrof. Estimasi produktivitas primer perairan dapat diduga melalui nilai konsentrasi klorofil-a, namun konsentrasi klorofil-a permukaan laut hanya mampu menjelaskan 30% produktivitas primer laut. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model estimasi produktivitas primer berdasarkan nilai konsentrasi klorofil-a dari lapisan kedalaman permukaan sampai kedalaman kompensasi. Model hubungan produktivitas primer dengan konsentrasi klorofil-a yang diekstrak dari citra satelit Landsat-8 kemudian dapat digunakan untuk mengestimasi produktivitas primer satelit. Penentuan klasifikasi kedalaman dilakukan dengan mengukur nilai koefisien atenuasi menggunakan luxmeter underwater datalogger 2000 dan secchi disk. Nilai koefisien atenuasi dengan menggunakan luxmeter underwater berkisar antara 0,13 -0,21m⁻¹ dan secchi disk berkisar antara 0,12 – 0,21 m⁻¹. Penetrasi cahaya yang masuk ke kolom perairan dimana produksi primer masih berlangsung atau kedalaman kompensasi berkisar antara 28,75 – 30,67 m. Model regresi linier sederhana antara konsentrasi klorofil-a rata-rata seluruh zona eufotik dengan produktivitas primer perairan memiliki korelasi yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi klorofil-a permukaan dengan R²= 0,65. Validasi model produktivitas primer memiliki keakuratan yang tinggi dengan RMSD sebesar 0,09 dan produktivitas primer satelit secara signifikan tidak berbeda nyata dengan produktivitas primer data insitu. Sehingga nilai konsentrasi klorofil-a satelit dapat ditransformasi menjadi produktivitas primer satelit.

Kata kunci: koefisien atenuasi, konsentrasi klorofil-a, produktivitas primer perairan

METODE DUAL KANAL UNTUK ESTIMASI KEDALAMAN DI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN DATA SPOT 6 STUDI KASUS : TELUK LAMPUNG = DUAL BAND METHOD FOR BATHYMETRY ESTIMATION IN SHALLOW WATERS DEPTH USING SPOT 6 DATA CASE STUDY: LAMPUNG BAY/ Muchlisin Arief, Syifa Wismayati Adawiah, Ety Parwati, Sartono Marpaung
J. INDERAJA, 14 (1) 2017 : 37- 50

Data kedalaman dapat digunakan untuk menghasilkan profil dasar laut, oseanografi, biologi, dan kenaikan muka air laut. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengestimasi kedalaman perairan laut dangkal yang ditandai dengan kemampuan cahaya untuk menembus badan air. Salah satu citra yang mampu mengestimasi kedalaman tersebut adalah SPOT 6 yang memiliki tiga kanal visible dan satu kanal NIR dengan resolusi spasial 6 meter. Pada penelitian ini, Citra SPOT-6 yang digunakan adalah 22 Maret 2015. Citra terlebih dahulu dilakukan koreksi atmosferik dark pixel dengan membuat 30 poligon. Originalitas dari metode ini adalah membangun suatu korelasi antara nilai dark pixel kanal merah dan hijau dengan nilai kedalaman hasil pengukuran lapangan yang dilakukan pada 3 sampai dengan 9 Juni 2015. Algoritma diturunkan secara eksperimen yang terdiri dari thresholding yang berfungsi untuk memisahkan daratan dengan lautan dan fungsi korelasi. Fungsi korelasi diperoleh pertama-tama mengkorelasikan nilai pengamatan dengan masing-masing band, kemudian menghitung selisih nilai dark pixel maksimum dan minimum untuk kanal merah dan hijau yaitu 0,056 dan 0,0692. Selanjutnya, dibangun model dengan menggunakan dalil perbandingan sehingga diperoleh persamaan linier dalam dua kanal yaitu: $Z(X_1, X_2) = 406,26 X_1 + 327,21 X_2 - 28,48$. Hasil estimasi kedalaman, untuk skala 5 meter, estimasi yang paling efisien dengan Mean relatif error terkecil terjadi pada kedalaman perairan dangkal dari 20 sampai dengan 25 meter, sedangkan untuk skala 10 meter dari 20 sampai dengan 30 meter dan juga hasil estimasi kedalaman yang diperoleh mempunyai pola kemiripan atau dapat dikatakan mendekati kenyataan. Metode ini mampu mendeteksi kedalaman laut hingga 25 meter dan mempunyai RMS error yang kecil yaitu 0,653246 meter. Dengan demikian, metode dua kanal ini dapat menawarkan solusi cepat, fleksibel, efisien, dan ekonomis untuk memetakan topografi dasar laut.

Kata Kunci: dua kanal; kedalaman; SPOT 6; teluk lampung; korelasi; perairan dangkal; thresholding

ABSTRAK

UJI MODEL FASE PERTUMBUHAN PADI BERBASIS CITRA MODIS MULTIWAKTU DI PULAU LOMBOK = THE TESTING OF PHASE GROWTH RICE MODEL BASED ON MULTITEMPORAL MODIS IN LOMBOK ISLAND/ Made Parsa, Dede Dirgahayu, Johannes Manalu, Ita Carolita, Wawan Harsanugraha
J. INDERAJA, 14 (1) 2017 : 51-64

Uji model adalah sebuah tahapan yang harus dilakukan sebelum model tersebut digunakan untuk kegiatan yang bersifat operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi model fase pertumbuhan padi berbasis MODIS di pulau Lombok terhadap citra Landsat multiwaktu dan data lapangan. Penelitian dilakukan dengan metode analisis dan evaluasi secara bertahap. Pertama, evaluasi akurasi menggunakan analisis citra Landsat 8 multiwaktu. Pada tahap kedua menggunakan data referensi hasil pengamatan lapangan, sedangkan tahap ketiga dilakukan analisis informasi fase pertumbuhan untuk mengetahui tingkat konsistensi model. Akurasi model fase pertumbuhan dihitung menggunakan matrik kesalahan. Hasil analisis dan evaluasi tahap I terhadap informasi fase 30 April dan 19 Juli menunjukkan bahwa ketelitian model mencapai 58-59 %, sementara hasil evaluasi tahap II terhadap fase periode 19 Juli menggunakan data hasil survei 20-25 Juli menunjukkan akurasi keseluruhan 53 %. Namun, hasil analisis konsistensi model menunjukkan bahwa fase yang dihasilkan dari citra MODIS yang di-smoothing menunjukkan pola yang konsisten sebagaimana pola EVI tanaman padi dengan akurasi 86 %, sedangkan pola EVI citra MODIS yang tidak di-smoothing tidak konsisten. Berdasarkan hasil ini disimpulkan bahwa model ini cukup baik, tetapi dalam operasionalnya perlu dilakukan smoothing citra MODIS input terlebih dahulu sebelum ekstrak nilai indek (EVI).

Kata kunci: *fase pertumbuhan, citra MODIS, citra Landsat multiwaktu, matriks kesalahan*

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

ISSN 1412 – 8098

Vol. 14 No. 2, Desember 2017

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI UJUNG PANGKAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE EDGE DETECTION DAN NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX = UJUNG PANGKAH SHORELINE CHANGE ANALYSIS USING EDGE DETECTION METHOD AND NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX/Nanin Anggraini, Sartono Marpaung, Maryani Hartuti
J. INDERAJA, 14 (2) 2017 : 65 – 78

Selain akibat adanya pasang surut, posisi garis pantai berubah akibat adanya abrasi dan akresi. Oleh karena itu diperlukan adanya deteksi posisi garis pantai, salah satunya dengan memanfaatkan data LANDSAT dengan menggunakan filter edge detection dan NDWI. Edge detection adalah suatu metode matematika yang bertujuan untuk mengidentifikasi suatu titik pada gambar digital berdasarkan tingkat kecerahan. Filter edge detection digunakan karena sangat baik untuk menyajikan penampakan obyek yang sangat bervariasi pada citra sehingga dapat dibedakan dengan mudah. NDWI mampu memisahkan antara daratan dan perairan dengan jelas sehingga memudahkan untuk analisis garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk deteksi perubahan garis pantai di Ujung Pangkah Kabupaten Gresik yang disebabkan oleh adanya akresi dan abrasi dengan menggunakan filter edge detection dan NDWI pada data LANDSAT temporal (tahun 2000 dan 2015). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra LANDSAT 7 tahun 2000 dan LANDSAT 8 tahun 2015. Hasil penelitian menunjukkan bahwa garis pantai di Ujung Pangkah Gresik banyak mengalami perubahan akibat adanya akresi dan abrasi. Luas akresi mencapai 11,35 km² dan abrasi 5,19 km² dalam periode waktu 15 tahun.

Kata Kunci: *edge detection, garis pantai, Landsat, NDWI*

PENGARUH ASIMILASI DATA PENGINDERAAN JAUH (RADAR DAN SATELIT) UNTUK PREDIKSI CUACA NUMERIK ESTIMASI CURAH HUJAN = IMPACT OF REMOTE SENSING DATA ASSIMILATION (RADAR AND SATELLITE) ON NUMERICAL WEATHER PREDICTION FOR RAINFALL ESTIMATION / Jaka A. I. Paski
J. INDERAJA, 14 (2) 2017 : 79 - 88

Salah satu masalah utama pada pemodelan cuaca numerik adalah ketidak-akuratan data kondisi awal (initial condition). Penelitian ini menguji pengaruh asimilasi data observasi penginderaan jauh pada kondisi awal untuk prediksi numerik curah hujan di wilayah cakupan radar cuaca BMKG Tangerang (Provinsi Banten dan DKI Jakarta) pada 24 Januari 2016. Prosedur yang diterapkan pada prakiraan curah hujan adalah model Weather Research and Forecasting (WRF) dengan teknik multi-nesting yang di-downscale dari keluaran Global Forecast System (GFS), model ini diasimilasikan dengan data hasil observasi citra radar dan satelit menggunakan WRF Data Assimilation (WRFDA) sistem 3DVAR. Data yang digunakan sebagai kondisi awal berasal dari data observasi permukaan, data C-Band radar EEC, data satelit sensor AMSU-A dan sensor MHS. Analisa dilakukan secara kualitatif dengan melihat nilai prediksi spasial distribusi hujan terhadap data observasi GSMaP serta metode bias curah hujan antara model dan observasi digunakan untuk mengevaluasi pengaruh data asimilasi untuk prediksi curah hujan. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan prediksi curah hujan dengan asimilasi data yang berbeda menghasilkan prediksi yang juga berbeda. Secara umum, ada perbaikan hasil prediksi estimasi curah hujan dengan asimilasi data satelit menunjukkan hasil yang paling baik

Kata kunci: *asimilasi, WRFDA, radar, satelit*

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

ISSN 1412 - 8098
No.610/AU/P2MI-LIPI/03/2015

Vol. 14 No. 2, Desember 2017

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

KLASIFIKASI MULTISKALA UNTUK PEMETAAN ZONA GEOMORFOLOGI DAN HABITAT BENTIK MENGGUNAKAN METODE OBIA DI PULAU PARI = MULTISCALE CLASSIFICATION FOR GEOMORPHIC ZONE AND BENTHIC HABITATS MAPPING USING OBIA METHOD IN PARI ISLAND/ Ari Anggoro, Vincentius Paulus Siregar, Syamsul B. Agus
J. INDERAJA, 14 (2) 2017 : 89 - 99

Penelitian ini menggunakan klasifikasi multiskala dan penerapan analisis citra berbasis obyek (OBIA) untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik di Pulau Pari. Analisis berbasis obyek dilakukan optimasi pada proses segmentasi untuk mendapatkan hasil klasifikasi optimal. Metode klasifikasi pada level 1 dan 2 menggunakan klasifikasi contextual editing dan pada level 3 menggunakan klasifikasi Support Vector Machines (SVM). Hasil penelitian ini menunjukkan akurasi keseluruhan pada level 1 yaitu 97% (reef level), level 2 yaitu 87% (Geomorphic level), dan level 3 yaitu 75% (benthic habitat level). Klasifikasi SVM hanya diterapkan pada level 3 dan nilai skala optimum sebesar 50 dari percobaan nilai skala yaitu 5, 25, 50, 75, 95. Metode OBIA dapat digunakan sebagai alternatif untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik.

Kata kunci: *multiskala, OBIA, zona geomorfologi dan habitat bentik, Pulau Pari*

MODEL KOREKSI ATMOSFER CITRA LANDSAT-7 = ATMOSPHERIC CORRECTION MODELS OF LANDSAT-7 IMAGERY/Fadila Muchsin, Liana Fibrianawati, Kuncoro Adhi Pradhono

J. INDERAJA, 14 (2) 2017 :101 - 109

Tiga metode koreksi atmosfer diantaranya 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum), LEDAPS (Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System) dan model FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) telah diterapkan pada citra Landsat-7 wilayah Jakarta. Analisis yang dilakukan di areal persawahan dimana vegetasi, lahan kering dan lahan basah cukup homogen. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbaikan pola spektral pada setiap objek khususnya pada kanal-kanal visible (Band 1, Band 2 dan Band 3) mengacu pada pola spektral citra Landsat. Perbaikan pola spektral terjadi pada setiap model koreksi atmosfer dibandingkan dengan sebelum dilakukan koreksi atmosfer (citra TOA). Analisis juga dilakukan terhadap nilai NDVI masing-masing model, dimana nilai NDVI relatif lebih tinggi setelah koreksi atmosfer. Nilai NDVI tanaman padi pada model FLAASH sama dengan model 6S yaitu sebesar 0.95 dan untuk lahan basah memiliki nilai yang sama antara model FLAASH dan LEDAPS yaitu 0.23. Nilai NDVI seluruh scene untuk model FLAASH = 0.63, model LEDAPS = 0.56 dan model 6S = 0.66. Sebelum koreksi atmosfer (TOA) adalah 0.45.

Kata kunci: *koreksi atmosfer, FLAASH, 6S, LEDAPS, pola spektral, NDVI*

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

ISSN 1412 – 8098

Vol. 14 No. 2, Desember 2017

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

Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin atau biaya

ABSTRAK

OPTIMASI PARAMETER DALAM KLASIFIKASI SPASIAL PENUTUP PENGGUNAAN LAHAN MENGGUNAKAN DATA SENTINEL SAR = PARAMETERS OPTIMIZATION IN SPATIAL LAND USE LAND COVER CLASSIFICATION USING SENTINEL SAR DATA / Galdita Aruba Chulafak, Dony Kushardono, Zylshal Zylshal
J. INDERAJA, 14 (2) 2017 :111 - 130

Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai klasifikasi penutup penggunaan lahan menggunakan data Sentinel-1 yang merupakan data Synthetic Aperture Radar (SAR). Informasi tekstur digunakan sebagai masukan dalam pembuatan klasifikasi terbimbing Neural Network dengan menggunakan Dual polarization (VH dan VV). Klasifikasi dilakukan menggunakan informasi tekstur menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dari data Sentinel-1. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan parameter optimum dalam ekstraksi informasi, yaitu ukuran jendela pemrosesan, orientasi hubungan ketetangaan pada ekstraksi fitur tekstur, serta jenis fitur informasi tekstur yang digunakan dalam klasifikasi. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa pada area yang dikaji, akurasi terbaik adalah pada ukuran jendela 5×5 piksel, sudut orientasi hubungan ketetangaan 0°, serta penggunaan informasi tekstur entropy sebagai masukan dalam klasifikasi. Serta diketahui bahwa semakin banyak fitur informasi tekstur yang digunakan sebagai masukan klasifikasi dapat meningkatkan akurasi dan pemilihan informasi tekstur yang tepat sebagai masukan klasifikasi akan menghasilkan akurasi terbaik.

Kata kunci: SAR, Sentinel-1, GLCM

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI UJUNG PANGKAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE EDGE DETECTION DAN NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX (UJUNG PANGKAH SHORELINE CHANGE ANALYSIS USING EDGE DETECTION METHOD AND NORMALIZED DIFFERENCE WATER INDEX)

Nanin Anggraini¹, Sartono Marpaung, Maryani Hartuti

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

¹ e-mail: nanin_rain@yahoo.com

Diterima 30 Januari 2017; Direvisi 03 November 2017; Disetujui 9 November 2017

ABSTRACT

Besides to the effects from tidal, coastline position changed due to abrasion and accretion. Therefore, it is necessary to detect the position of coastline, one of them by utilizing Landsat data by using edge detection and NDWI filter. Edge detection is a mathematical method that aims to identify a point on a digital image based on the brightness level. Edge detection is used because it is very good to present the appearance of a very varied object on the image so it can be distinguished easily. NDWI is able to separate land and water clearly, making it easier for coastline analysis. This study aimed to detect coastline changes in Ujung Pangkah of Gresik Regency caused by accretion and abrasion using edge detection and NDWI filters on temporal Landsat data (2000 and 2015). The data used in this research was Landsat 7 in 2000 and Landsat 8 in 2015. The results showed that the coastline of Ujung Pangkah Gresik underwent many changes due to accretion and abrasion. The accretion area reached 11,35 km² and abrasion 5,19 km² within 15 year period.

Keywords: *edge detection, shoreline, Landsat, NDWI*

ABSTRAK

Selain akibat adanya pasang surut, posisi garis pantai berubah akibat adanya abrasi dan akresi. Oleh karena itu diperlukan adanya deteksi posisi garis pantai, salah satunya dengan memanfaatkan data Landsat dengan menggunakan filter *edge detection* dan NDWI. *Edge detection* adalah suatu metode matematika yang bertujuan untuk mengidentifikasi suatu titik pada gambar digital berdasarkan tingkat kecerahan. Filter *edge detection* digunakan karena sangat baik untuk menyajikan penampakan obyek yang sangat bervariasi pada citra sehingga dapat dibedakan dengan mudah. NDWI mampu memisahkan antara daratan dan perairan dengan jelas sehingga memudahkan untuk analisis garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk deteksi perubahan garis pantai di Ujung Pangkah Kabupaten Gresik yang disebabkan oleh adanya akresi dan abrasi dengan menggunakan filter *edge detection* dan NDWI pada data Landsat temporal (tahun 2000 dan 2015). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat 7 tahun 2000 dan Landsat 8 tahun 2015. Hasil penelitian menunjukkan bahwa garis pantai di Ujung Pangkah Gresik banyak mengalami perubahan akibat adanya akresi dan abrasi. Luas akresi mencapai 11,35 km² dan abrasi 5,19 km² dalam periode waktu 15 tahun.

Kata Kunci: *edge detection*, *garis pantai*, Landsat, NDWI

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir meliputi: dataran pesisir (*coastal plain*), lajur pesisir (*coastal stretch*), gisik (*beach*), pantai (*coastal, shore*), garis pantai (*coastline, shoreline, strandline*), dan perairan pesisir (*coastal water*) (Ongkosongo, 2011). Salah satu bagian pesisir yang sangat penting keberadaannya adalah garis pantai. Garis pantai (*shoreline*) adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut yang tidak tetap dan dapat berubah berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi (Triatmodjo, 2008). Secara sederhana, garis pantai dapat didefinisikan sebagai permukaan fisis (*physical interface*) antara daratan dan perairan (Kuleli, 2011). Berdasarkan definisi tersebut, terdapat dua faktor yang menentukan posisi garis pantai, yaitu:

- Variasi jangka pendek pada permukaan laut yang disebabkan oleh faktor astronomi dan meteorologi (Pugh, 2004),
- Perubahan dalam bentuk dan volume sedimen sepanjang profil dari pantai (Yu *et al.*, 2013).

Pada kenyataannya, garis pantai selalu berubah akibat adanya perubahan garis pantai arah tegak lurus pantai (*cross-shore*) dan adanya pergerakan sedimen yang sejajar di wilayah pesisir. Selain itu, sifat dinamis dari tinggi air pada batas wilayah pesisir (gelombang, pasang surut, air tanah, gelombang badai, kenaikan air, dan lain sebagainya (Boak dan Turner, 2005). Garis pantai akan cepat berubah di wilayah pesisir dengan lereng pantai yang landai seperti di daerah yang sering terjadi proses pasang surut/*macrotidal* (Aguilar *et al.*, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Indonesia memiliki jumlah pulau yang telah terdaftar dan terkoordinat sebanyak 13,466 pulau (BIG, 2015) dengan total panjang garis pantai 99,093 km (Samantha, 2013). Wilayah pesisir banyak mengalami perubahan yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pemukiman, industri, pertanian, perikanan, dan lain sebagainya. Kegiatan tersebut menyebabkan perubahan pada posisi garis pantai. Akibat adanya dinamika

tersebut maka posisi garis pantai di setiap wilayah pesisir akan berbeda.

Keberadaan garis pantai sangat penting, di antaranya untuk kegiatan perencanaan pembangunan dan perlindungan wilayah pesisir. Salah satu wilayah pesisir yang banyak mengalami perubahan garis pantai adalah Ujung Pangkah Kabupaten Gresik, Jawa Timur, karena banyak mengalami abrasi dan akresi. Pesisir Ujung Pangkah yang berhadapan dengan Laut Jawa menyebabkan wilayah tersebut dilalui oleh arus yang mengalir dari arah barat atau timur (tergantung dari arah angin bertiup pada musim Barat dan musim Timur). Arus ini membawa partikel-partikel yang mengendap di sekitar pesisir tersebut. Selain membawa partikel endapan, arus laut juga menyebabkan terjadinya abrasi di wilayah pesisir. Adanya akresi dan abrasi yang terjadi, maka Ujung Pangkah memiliki potensi perubahan garis pantai yang sangat besar. Oleh karena itu, diperlukan perhatian lebih untuk mengetahui lokasi pesisir yang mengalami perubahan garis pantai, salah satunya dengan melakukan deteksi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Salah satu citra satelit yang dapat digunakan untuk deteksi garis pantai adalah satelit Landsat.

Satelit Landsat yang masih tersedia adalah Landsat 7 dan Landsat 8. Landsat *the Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) atau yang dikenal dengan Landsat 7 diluncurkan pada 15 April 1999 menggantikan kemampuan dari Landsat 4 dan Landsat 5. Landsat 7 ETM+ memiliki 8 kanal yang terdiri dari 5 kanal tampak (*visible band*: 1-5), infra merah menengah (*mid-infrared*-MIR: 7), kanal thermal pada kanal 6, dan pankromatik dengan resolusi spasial 15 m pada kanal 8. Sensor Landsat 7 paling stabil dan merupakan instrumen terbaik untuk observasi bumi yang pernah ada. Landsat 8 adalah generasi terbaru yang

dilengkapi dengan kanal baru yaitu *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS).

Jumlah kanal pada Landsat 8 adalah 11 di mana kanal 1-9 berada pada OLI dan kanal 10 dan 11 pada TIRS. Keunggulan dari Landsat 8 terkait dengan rentang panjang gelombang elektromagnetiknya, semakin detail panjang gelombang dari tiap kanal maka akan mempermudah proses identifikasi obyek di permukaan. Selain unggul pada rentang panjang gelombang, dibandingkan dengan Landsat generasi sebelumnya, tingkat keabuan (*Digital Number*-DN) yang berkisar pada 0-255 maka tingkat keabuan citra Landsat 8 adalah 0-4095. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan sensitivitas yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit menjadi 12 bit. Peningkatan ini menjadikan proses interpretasi obyek di permukaan menjadi lebih mudah (Sugiarto, 2013). Perbandingan kanal antara Landsat 7 dan Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 1-1.

Penggunaan data penginderaan jauh untuk *monitoring* perubahan garis pantai telah banyak dilakukan seperti oleh (Arief, 2011) yang membuat garis pantai Kabupaten Kendal dengan menggunakan data temporal Landsat. Metode yang digunakan adalah interpretasi visual RGB dan digitasi *on screen*; (Kasim, 2012) *me-monitoring* perubahan garis pantai dengan menggunakan beberapa metode di antaranya adalah, interpretasi visual, teknik berbasis nilai spektral, citra komposit, serta analisis perubahan vektor; (Gainau, 2011) melakukan analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan metode CERC, (Yu et al., 2013) menggunakan metode *Non-Separable Wavelet* dan *Level Set* untuk deteksi perubahan garis pantai dari citra Landsat 7, SPOT-5, CBERS-2, WorldView-2, Aster, Quick-Bird dan IKONOS; (Robinson, 2011) menggunakan

Tabel 1-1: PERBANDINGAN KANAL ANTARA LANDSAT 7 DAN LANDSAT 8 (Sumber: USGS, 2016)

LANDSAT 7 ETM+ Bands (μm)			LANDSAT 8 OLI and TIRS (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0,435 - 0,451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0,441 - 0,514	30 m Blue	0,452 - 0,512	Band 2
Band 2	30 m Green	0,519 - 0,601	30 m Green	0,533 - 0,590	Band 3
Band 3	30 m Red	0,631 - 0,692	30 m Red	0,636 - 0,673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0,772 - 0,898	30 m NIR	0,851 - 0,879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1,547 - 1,749	30 m SWIR-1	1,566 - 1,651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10,31 - 12,36	100 m TIR-1	10,60 - 11,19	Band 10
			100 m TIR-2	11,50 - 12,51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2,064 - 2,345	30 m SIRW-2	2,107 - 2,294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0,515 - 0,896	15 m Pan	0,503 - 0,676	Band 8
			30 m Cirrus	1,363 - 1,384	Band 9

data TerraSAR-X dengan metode "experimental quad polarization", (Suhelmi et al., 2013) menentukan garis pantai di Kabupaten Pati berdasarkan Undang-Undang Informasi Geospasial. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelusuran garis pantai pada posisi muka air tertinggi, pengukuran hidrografi, dan pasang surut; (Prameswari et al., 2014) melakukan kajian perubahan garis pantai di pesisir Paiton Kabupaten Probolinggo dengan metode penelitian kuantitatif yang menggunakan data gelombang, pasang surut, arus, citra Landsat ETM+, IKONOS, dan Peta LPI; dan (Braga et al., 2013) menggunakan data IKONOS-2, GeoEye-1 dan citra SAR COSMO-SkyMed untuk deteksi garis pantai di Venezia, Italia dengan menggunakan metode *edge detection* dan segmentasi citra.

Pada penelitian ini akan digunakan metode *edge detection* yang menjadi salah satu fitur pada *software ErMapper*. *Edge detection* adalah suatu metode matematika yang bertujuan untuk mengidentifikasi suatu titik pada gambar digital berdasarkan tingkat kecerahan. Filter ini dapat digunakan untuk proses segmentasi, registrasi, dan identifikasi obyek. Pada fitur *edge detection ErMapper*

Metode *edge detection* sangat baik untuk menyajikan penampakan obyek

tersebut terdiri tiga pilihan yaitu (Hexagon, 2015):

- *Different*: Filter ini menggunakan konvolusi grafis untuk menyoroti perbedaan dalam algoritma kontur. Filter yang digunakan adalah :

$$\begin{matrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

Faktor skala: 1

- *Gradient_X*: Filter ini menggunakan konvolusi grafis untuk menyoroti gradien dalam arah X. Filter yang digunakan adalah:

$$\begin{matrix} 0 & -1 & 1 \end{matrix}$$

Faktor skala: 1

- *Gradient_Y*: Filter ini menggunakan konvolusi grafis untuk menyoroti gradien dalam arah Y. Filter yang digunakan adalah:

$$\begin{matrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{matrix}$$

Faktor skala : 1

yang sangat bervariasi pada citra sehingga dapat dibedakan dengan mudah

(Danoedoro, 2012). (Braga et al., 2013) menyatakan bahwa metode *edge detection* mampu menunjukkan ketidakberlanjutan (*discontinuity*), yaitu adanya perubahan tiba-tiba dari nilai spektrum atau intensitas citra pada obyek antara obyek air dan daratan, atau adanya kesamaan (*similarity*) antara obyek yang terletak pada daerah yang relatif homogen seperti daerah terendam atau tidak terendam. Keduanya memiliki nilai rata-rata yang berbeda.

Konvolusi adalah salah satu proses *filtering* yang sering dilakukan pada proses pengolahan citra. Konvolusi grafis bertujuan untuk menghaluskan suatu citra atau memperjelas citra dengan menggantikan nilai piksel dengan sejumlah nilai piksel yang sesuai atau berdekatan dengan piksel aslinya. Pada konvolusi citra ukuran dari citra tetap sama atau tidak berubah. Proses konvolusi dilakukan dengan menggunakan matriks yang biasa disebut *mask* atau *kernel* yaitu matriks berjalan sepanjang proses komputasi dan digunakan untuk menghitung nilai representasi lokal dari beberapa piksel pada citra (Gazali et al., 2012).

Selain menggunakan filter *edge detection*, salah satu metode yang dapat digunakan untuk memisahkan antara daratan dan perairan adalah *Normalized Difference Water Index* (NDWI). NDWI adalah suatu algoritma yang digunakan untuk deteksi badan air. Badan air memiliki kemampuan untuk menyerap secara kuat pada panjang gelombang sinar tampak dan infra merah. (McFeeters, 2013) menyatakan bahwa nilai NDWI lebih besar dari nol maka diasumsikan mewakili permukaan badan air, dan jika nilainya lebih kecil atau sama maka diasumsikan sebagai permukaan bukan air. Algoritma NDWI sebagai berikut:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk deteksi perubahan garis pantai di Ujung Pangkah Kabupaten Gresik yang disebabkan oleh adanya akresi dan abrasi dengan menggunakan metode *edge detection* dan NDWI.

1.4 Hasil Yang Diharapkan

Adanya informasi perubahan garis pantai di Ujung Pangkah Gresik Jawa Timur, diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah terkait dengan pembangunan wilayah pesisir. Pada wilayah pesisir terdapat lebih dari satu ekosistem, kerusakan pada salah satu ekosistem dapat menyebabkan kerusakan pada ekosistem yang lainnya. Oleh karena itu diperlukan adanya perencanaan wilayah pesisir yang terpadu sehingga dapat mencapai pembangunan wilayah pesisir yang berkelanjutan.

2 METODOLOGI

2.1 Data dan Lokasi

Data yang digunakan pada penelitian adalah citra Landsat 7 ETM+ 28 April 2000 dan Landsat 8, 3 Agustus 2015 dengan *path row* 118 065. Data Landsat yang digunakan telah terkoreksi baik secara geografik ataupun secara atmosferik. Perbedaan pada tanggal perekaman (bulan dan musim) diabaikan karena pada penelitian ini hanya mendeteksi garis pantai sesaat yang tidak memperhitungkan kondisi pasang surut pada wilayah tersebut. Selain itu, penelitian ini didukung dengan data hasil survei lapangan yang telah dilaksanakan pada 17 – 21 Agustus 2015. Lokasi kajian adalah wilayah pesisir Ujung Pangkah Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur dan sekitarnya seperti yang terlihat pada Gambar 2-1.



Gambar 2:1: Lokasi penelitian

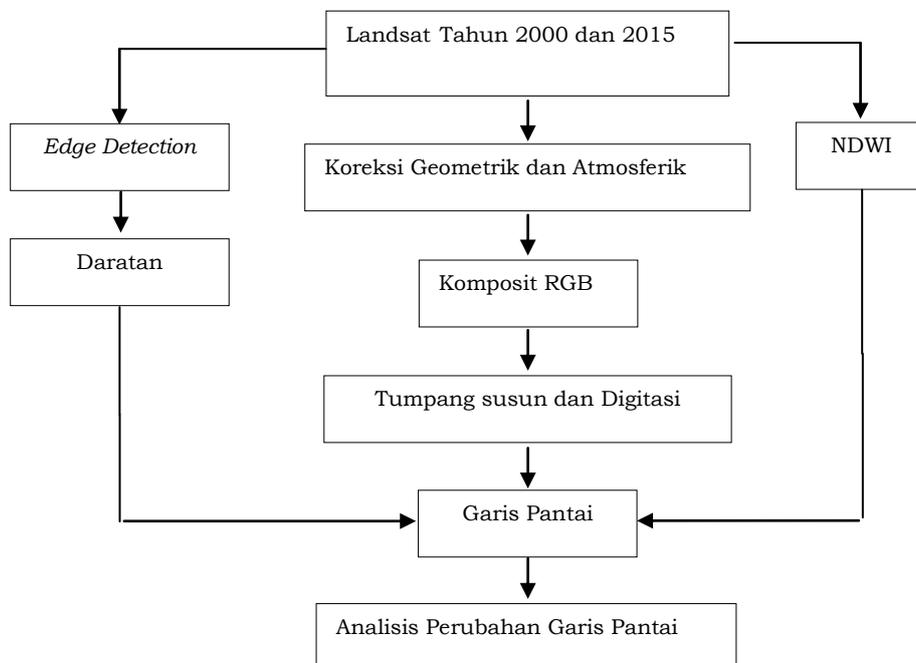
2.2 Metode Penelitian

Secara garis besar, proses ekstraksi garis pantai dari data Landsat adalah sebagai berikut:

- Koreksi geometrik dan atmosferik citra Landsat,
- Analisis secara visual citra Landsat 7 dan Landsat 8 untuk melihat perubahan pada pesisir Ujung Pangkah dengan menggunakan citra komposit.

Komposit yang digunakan adalah Pemisahan *Natural Color Composit* (NCC) *Red-Green-Blue*. Kombinasi kanal NCC citra Landsat 7 adalah kanal *Red Green Blue* (321) dan untuk Landsat 8 adalah *Red Green Blue* (432). Kombinasi NCC digunakan karena memberikan tampilan citra sesuai dengan kondisi sebenarnya pada permukaan bumi.

- *Filtering* kanal citra multispektral dengan menggunakan *edge detection: different* yang menjadi salah satu fitur pada ErMapper,
- Digitasi pada kanal hasil filter *edge detection* dan didukung dengan komposit citra,
- Analisis perubahan garis pantai secara visual,
- Selain dengan menggunakan filter *edge detection*, proses pemisahan daratan dan perairan menggunakan NDWI. Hasil dari NDWI digunakan untuk menghitung luas akresi dan abrasi. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2-2.



Gambar 2-2: Alur penelitian

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

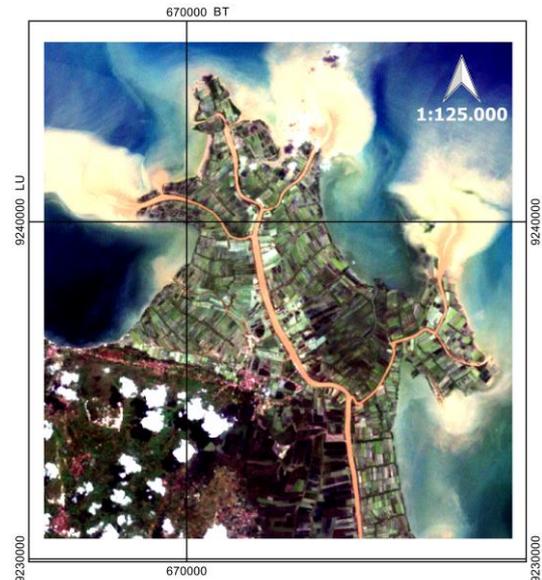
Berdasarkan hasil pengolahan data Landsat 7 dan 8, tampilan citra NCC menunjukkan wilayah Ujung Pangkah dengan jelas. Berdasarkan kombinasi NCC (Landsat 7: 321 dan Landsat 8: 432), terlihat wilayah pesisir Ujung Pangkah memiliki empat muara sungai yang cukup lebar serta beberapa muara yang lebih kecil. Hal ini terlihat dari adanya sungai yang cukup lebar serta warna yang cukup kontras dengan vegetasi (Gambar 3-1a). Aliran sungai yang terdeteksi dengan warna coklat mempermudah untuk mendeteksi jumlah muara di Ujung Pangkah.

Muara sungai menjadi tempat endapan bagi partikel yang terbawa oleh aliran Sungai Bengawan Solo. Partikel penyebab endapan dihasilkan akibat adanya pembukaan lahan, banjir dengan volume besar akibat hujan berkepanjangan, serta adanya proses transport sedimen dari badan sungai menuju laut (Zonabmi, 2015). Gambar 3-1 memperlihatkan kondisi wilayah pesisir Ujung Pangkah Gresik.

Penumpukan partikel di sekitar muara sungai menyebabkan terjadinya akresi. Akresi adalah proses sedimentasi di wilayah pesisir yang disebabkan oleh aliran partikel dari sungai dan daratan. Selain terjadinya akresi, di pesisir Ujung Pangkah juga banyak mengalami abrasi. Abrasi terjadi akibat adanya arus laut Jawa yang mengalir dari arah barat atau timur tergantung dari arah angin bertiup pada musim barat atau musim timur. Proses akresi dan abrasi menyebabkan perubahan pada posisi garis pantai di Ujung Pangkah. Oleh karena itu dilakukan deteksi posisi garis pantai dengan menggunakan filter *edge detection* pada data citra Landsat dengan periode beda waktu 15 tahun.

Edge detection adalah salah satu proses *filtering* atau juga sebagai langkah awal dari segmentasi citra. Informasi citra tidak hanya diperoleh dari posisi

yang di tengah, tepian citra juga memiliki informasi penting. Tepian citra memiliki informasi berupa obyek, bentuk, ukuran, serta tekstur dari obyek tersebut. Tepian citra adalah posisi di mana intensitas piksel dari citra berubah dari nilai rendah ke tinggi atau sebaliknya (Putra, 2010).



a. Landsat 7 tahun 2000 RGB 321



b. Landsat 8 tahun 2015 RGB 432

Gambar 3-1: Ujung Pangkah, Gresik Jawa Timur

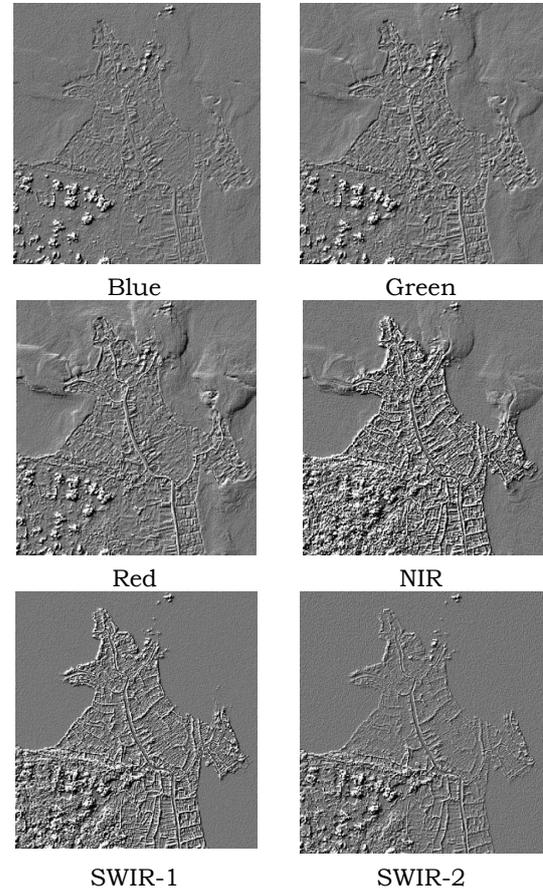
(Danoedoro, 2012) dan (Braga et al., 2013), menyatakan bahwa filter *edge detection* mampu menyajikan variasi

obyek dengan sangat baik sehingga mudah untuk membedakan antar obyek. Hal ini disebabkan karena *edge detection* dapat menunjukkan adanya perubahan tiba-tiba dari nilai spektrum atau intensitas citra pada obyek antara obyek air dan daratan, atau adanya kesamaan (*similarity*) antara obyek yang terletak pada daerah yang relatif homogen seperti daerah terendam atau tidak terendam. Keduanya memiliki nilai rata-rata yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan metode pendeteksian tepi pada kanal multi spektral data Landsat 7, terlihat jelas batas antara daratan dan perairan. Dari keenam hasil pengolahan, kanal NIR mampu memisahkan antara daratan dan perairan dengan sangat jelas dibandingkan dengan kanal lainnya dan pada bagian perairan tampak adanya gelombang permukaan. Kanal NIR dengan panjang gelombang 0,77 – 0,90 μm merupakan kanal yang diperuntukkan untuk mendeteksi atau membedakan antara daratan dengan perairan. Hasil deteksi dari kanal SWIR-1 hampir sama dengan kanal 4 menunjukkan batas daratan dan perairan yang sangat jelas. Perbedaannya pada kanal SWIR-1 tidak tampak gelombang pada permukaan perairan seperti pada kanal NIR dan pada profil daratan ada beberapa bagian yang kurang jelas terlihat dibandingkan dengan hasil *edge detection* kanal NIR. Hasil filter *edge detection* dari semua kanal yang terdapat pada Landsat 7 ditampilkan pada Gambar 3-2.

Pemisahan daratan dan perairan pada kanal multispektral Landsat 8 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan Landsat 7. Kanal NIR dengan panjang gelombang 0,85 – 0,88 μm memperlihatkan hasil pemisahan daratan yang sangat jelas dibandingkan dengan kanal yang lainnya. Berdasarkan referensi dari *Landsat 8 handbook*, kanal NIR memiliki spesifikasi untuk mendeteksi

biomassa dan garis pantai. (Danoedoro, 2012), menyatakan bahwa inframerah terbukti efektif dalam membedakan obyek air dan bukan air sehingga pemetaan garis pantai pun sangat terbantu dengan teknologi ini.

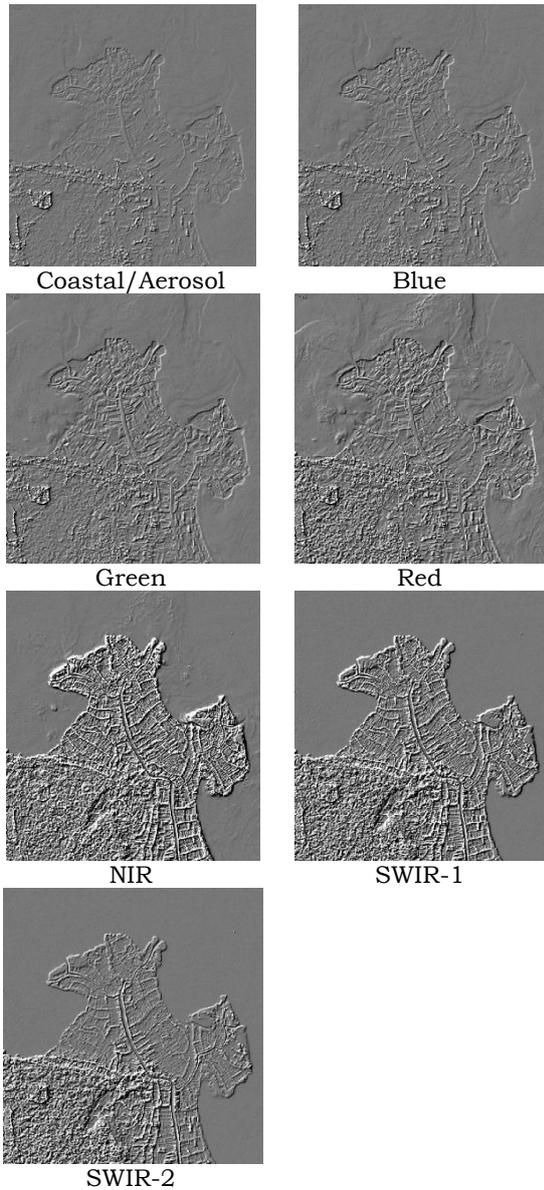


Gambar 3-2: Hasil filter *edge detection* Landsat 7

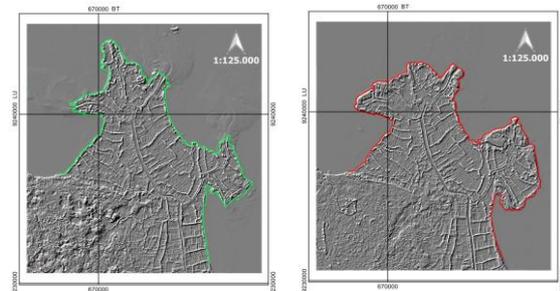
Rentang panjang gelombang yang digunakan pada kanal satelit LANDSAT 8 lebih pendek dibandingkan dengan yang digunakan pada Landsat 7. Hal tersebut mempunyai arti bahwa Landsat 8 mampu menunjukkan hasil yang lebih mendetail dibandingkan dengan Landsat 7. Secara keseluruhan hasil *edge detection* dari tujuh kanal pada Landsat 8 ditampilkan pada Gambar 3-3.

Berdasarkan hasil identifikasi daratan dan perairan dengan menggunakan filter *edge detection*, maka digitasi garis pantai dilakukan dengan mengacu pada batas dari kanal NIR. Digitasi yang dilakukan pada penelitian

ini adalah digitasi secara *on screen* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-4.

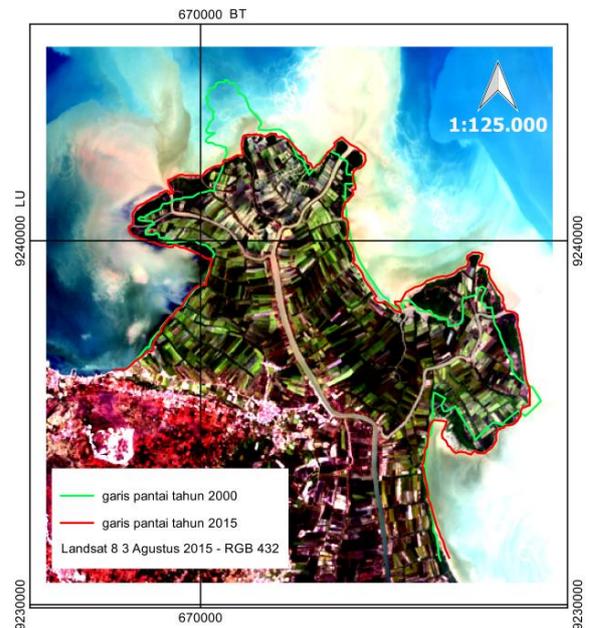


Gambar 3-3: Hasil filter *edge detection* Landsat 8



Garis pantai tahun 2000 Garis pantai tahun 2015
 Gambar 3-4: Digitasi garis pantai

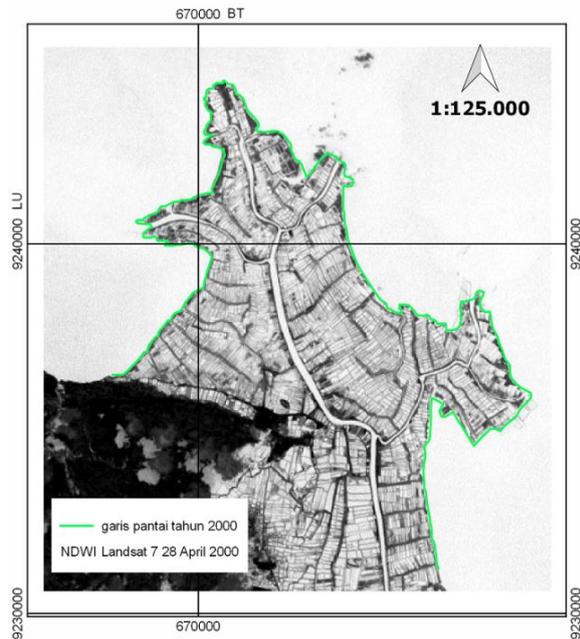
Hasil analisis visual dan digitasi garis pantai pada citra Landsat 7 dan Landsat 8, menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan posisi garis pantai di Ujung Pangkah. Gambar 3-5 menunjukkan posisi garis pantai pada tahun 2000 (garis warna hijau) dan posisi garis pantai tahun 2015 (garis berwarna merah). Hasil tumpang susun kedua garis pantai tersebut menunjukkan bahwa selama periode 15 tahun (dari tahun 2000 - 2015), telah banyak terjadi abrasi dan akresi pada wilayah kajian.



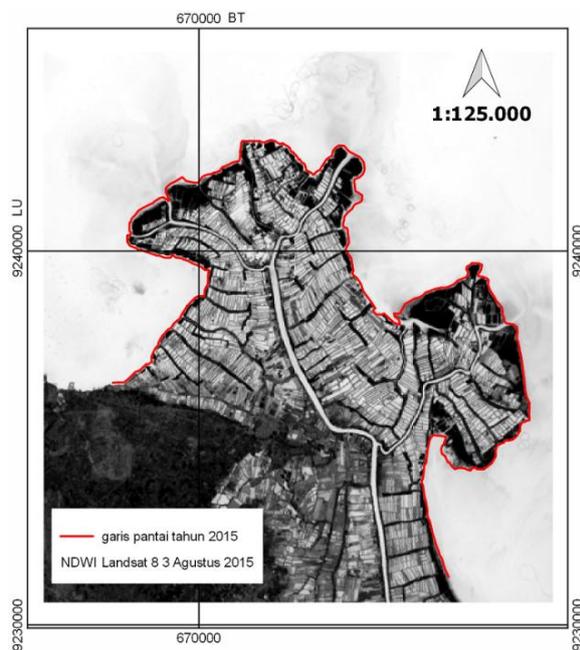
Gambar 3-5: Tumpang susun garis pantai tahun 2000 dan 2015 yang ditampilkan pada citra Landsat 8

Selain dengan menggunakan *edge detection*, dilakukan pula deteksi garis pantai secara digital dengan menggunakan NDWI. NDWI mampu memisahkan antara daratan dan perairan dengan jelas. Garis pantai *edge detection* dan NDWI menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil tumpang susun antara kedua metode tersebut menunjukkan garis pantai yang tidak segaris. Terlihat adanya perbedaan beberapa piksel yang bergeser. Hal ini dimungkinkan oleh penggunaan *kernel different* yang kurang sesuai. Oleh karena itu, perlu penelitian selanjutnya untuk

membandingkan antara *kernel different* dengan *kernel* yang lain. Hasil tumpang susun ditunjukkan pada Gambar 3-6 dan 3-7.



Gambar 3-6: Tumpang susun garis pantai *edge detection* dengan NDWI Landsat 7 tahun 2000



Gambar 3-7: Tumpang susun garis pantai *edge detection* dengan NDWI Landsat 8 tahun 2015

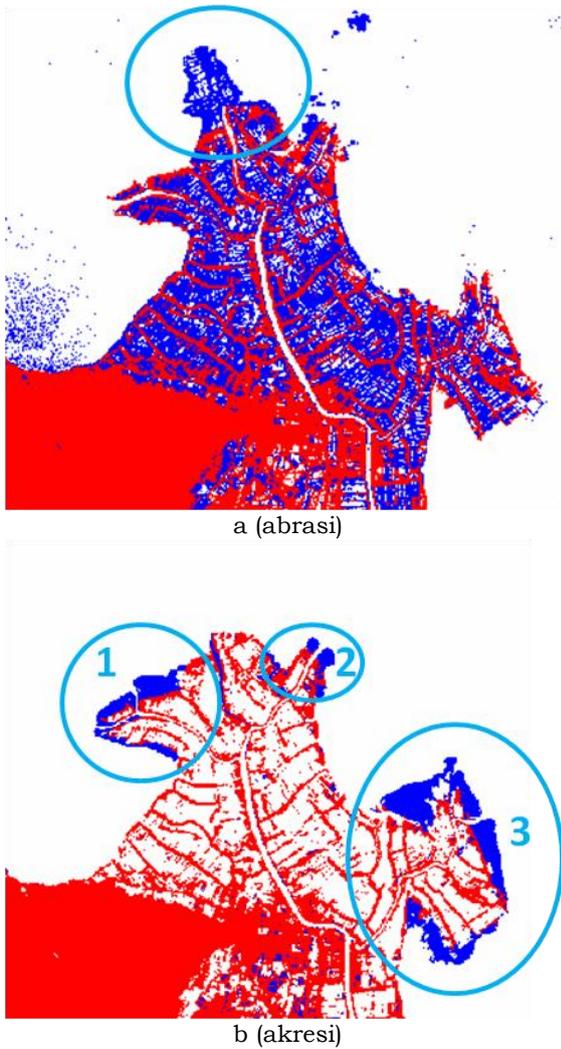
Di sisi lain, berdasarkan analisis perubahan garis pantai secara visual,

terlihat telah terjadi abrasi di sebelah utara Ujung Pangkah. Hal ini disebabkan oleh arus dari Laut Jawa yang bergerak menuju wilayah tersebut dengan kecepatan yang signifikan. Selain arus, abrasi juga dapat terjadi apabila wilayah pesisir tersebut tidak terlindungi oleh mangrove atau tanaman pelindung lainnya sebagai penyanggah daratan. Selain abrasi, akresi juga terjadi di pesisir sebelah barat dan timur Ujung Pangkah yang merupakan muara sungai Bengawan Solo. Hal tersebut menunjukkan bahwa akresi disebabkan oleh sedimen yang dibawa oleh air sungai menuju muara-muara yang berbatasan dengan laut sangat tinggi. Luas abrasi dan akresi yang terjadi sangat signifikan. Oleh karena itu diperlukan adanya perhitungan luas dari abrasi dan akresi tersebut.

Penghitungan luas akresi dan abrasi pada Ujung Pangkah dilakukan dengan menggunakan algoritma NDWI. Berdasarkan hasil pengolahan NDWI, terlihat sangat jelas pemisahan antara daratan dan perairan sehingga selain dapat digunakan untuk deteksi garis pantai, juga dapat digunakan untuk mengetahui distribusi abrasi dan akresi. Hasil pengolahan NDWI disajikan pada Gambar 3-8 dan Tabel 3-1.

Hasil perhitungan luas akresi selama periode 15 tahun adalah 11,35 km² dan luas abrasi mencapai 5,19 km². Akresi yang terbentuk dari partikel yang terbawa oleh arus sungai sangat dipengaruhi oleh dinamika di perairan laut yang mempunyai dampak ke muara sungai.

Berdasarkan hasil pengolahan data Tim ZPPI Pusfatja LAPAN, pola arus pada Bulan April dan Agustus sangat berbeda (d disesuaikan dengan tanggal data Landsat). Pada Bulan April, arus yang mengalir di Laut Jawa bergerak menuju ke arah timur, sebaliknya arus pada Bulan Agustus akan bergerak ke arah barat (Gambar 3-9).



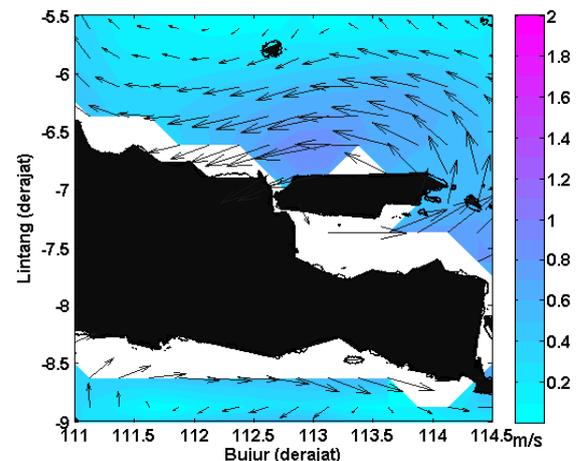
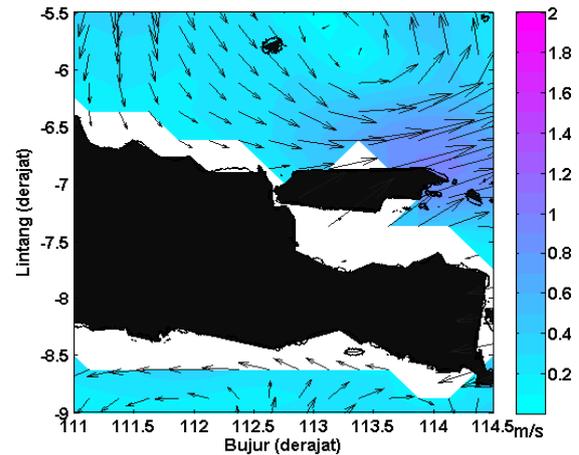
Gambar 3-8: Distribusi abrasi dan akresi di Ujung Pangkah

Tabel 3-1: LUAS AKRESI DAN ABRASI

Akresi dan abrasi	Luas (km ²)
Akresi 1	2,92
Akresi 2	0,60
Akresi 3	7,83
Abrasi	5,19

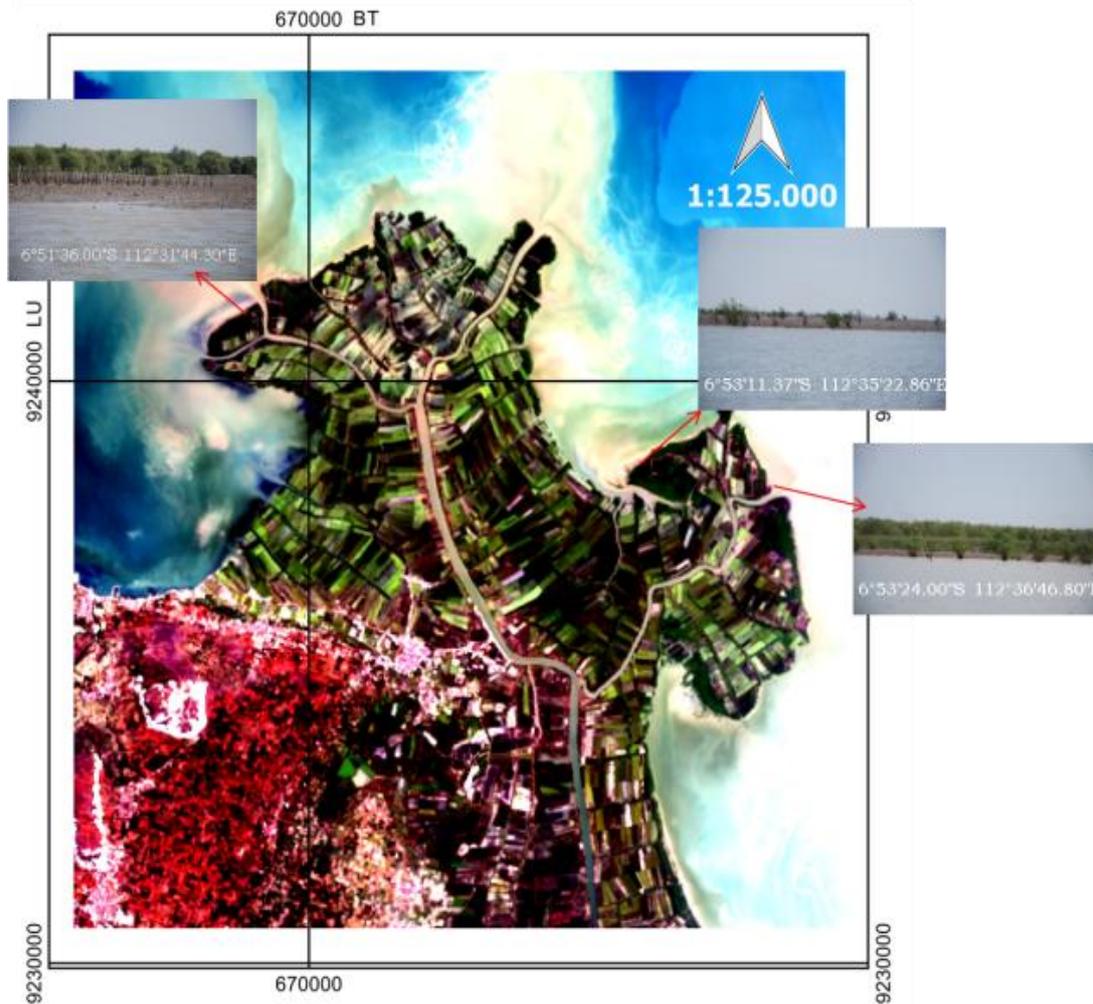
Arus dan gelombang laut yang melewati pesisir sebelah utara lebih kuat menerjang wilayah tersebut karena tidak ada penghalang/peredam arus. Di

sebelah barat terjadi akresi karena sisi barat berupa teluk sehingga partikel yang keluar dari muara sungai akan terbawa kembali oleh arus menuju pesisir di sekitar muara. Sedangkan di akresi di sebelah timur terjadi karena terdamp ombak lebih lemah menuju muara sungai karena teredam oleh adanya Pulau Madura sehingga kekuatan arus sedikit berkurang.



Gambar 3-9: Arus pada Bulan April dan Agustus

Secara umum untuk membentuk daratan pada wilayah akresi dilakukan penanaman *mangrove* oleh masyarakat setempat atau pihak terkait yang mempunyai kewenangan untuk mengelola wilayah pesisir. Hasil identifikasi dari data satelit menunjukkan semua wilayah yang mengalami akresi telah ditumbuhi



Gambar 3-10: Contoh lokasi akresi yang telah ditumbuhi mangrove

oleh *mangrove*. Sesuai dengan pemantauan pada saat survei lapangan, *mangrove* yang tumbuh di wilayah akresi relatif muda dan masih pendek. Jenis *mangrove* yang tumbuh di pesisir Ujung Pangkah dominan jenis *Avicennia*. Penanaman *mangrove* di wilayah akresi masih tetap berlangsung sampai saat ini seperti contoh yang ditampilkan dalam Gambar 3-8.

Berdasarkan survei lapangan pada tanggal 17 – 21 Agustus 2015, terlihat jelas terjadinya akresi di Ujung Pangkah. Akresi yang terjadi banyak ditumbuhi oleh vegetasi *mangrove* baik yang tumbuh secara alami atau sengaja ditanam. Contoh vegetasi *mangrove*

yang tumbuh pada lokasi akresi ditampilkan dalam Gambar 3-10.

4 KESIMPULAN

Hasil pengolahan kanal NIR pada Landsat 7 dan Landsat 8, menunjukkan adanya perubahan garis pantai yang sangat signifikan. Filter *edge detection* dan NDWI dapat digunakan untuk deteksi garis pantai, akan tetapi hasil tumpang susun antara filter *edge detection* dengan NDWI menunjukkan garis pantai yang tidak segaris, terjadi pergeseran beberapa piksel. Selain itu, di Ujung Pangkah juga mengalami akresi dan abrasi. Luas akresi yang terjadi di pesisir Ujung Pangkah mencapai

11,35 km² dan luas abrasi sekitar 5,19 km² dalam periode waktu 15 tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Syarif Budhiman, S.Pi., M.Sc., atas saran yang diberikan dalam penyusunan karya tulis ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Dr. M. Rokhis Khomarudin selaku Kapusfatja, serta Tim Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

- Aguilar, F.J; I, Fernández; J.L, Pérez; A., López; M.A, Aguilar; A., Mozas; J., Cardenal, 2010. *Preliminary Results on High Accuracy Estimation of Shoreline Change Rate Based on Coastal Elevation Models*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, (986-991). Kyoto.
- Arif, M., Gathot, W., & Teguh, P., 2011. *Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Satelit LANDSAT di Kabupaten Kendal*. Jurnal Penginderaan Jauh Vol 8 , 71-80.
- BIG, 2015. *Indonesia Memiliki 13.466 Pulau yang Terdaftar dan Terkoordinat*. Cited in <http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/indonesia-memiliki-13-466-pulau-yang-terdaftar-dan-berkoordinat>. [7 Januari 2015]
- Boak, E., & Turner, I., 2005. *Shoreline Definition and Detection: a Review*. Journal of Coastal Research, 21 (4), 688-703.
- Braga, F., Luigi, T., Caludio, P., & Luigi, A., 2013. *Shoreline Detection: Capability of COSMO-Skymed and High-Resolution Multispectral Images*. European Journal of Remote Sensing, 46, 837-853.
- Danoedoro, P., 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Gainau, O., 2011. *Analisis Penginderaan Jarak Jauh untuk Mengidentifikasi Perubahan Garis Pantai di Pantai Timur Surabaya*.
- Gazali, W., Soeparno, H., & Ahliati, J., 2012. *Penerapan Metode Konvolusi Dalam Pengelolaan Citra Digital*. Jurnal Mat Stat Binus University 12 (2) , 103-113.
- Hexagon, 2015. *Detect Edges*. Cited in <https://hexagongeospatial.fluidtopics.net/book#!book;uri=d697ac1e302b4bce1d79722e4e4261b0;breadcrumb=42352cc5c9c8eb9183e92459d8d2d1bc-a1fca97ec214e83a9b8bf468be4cb15-109ac55191d0e0fccd19a40f46b30d80-fe79e236581120bbc9a60f5a528bd2e6>. [7 Januari 2015]
- Kasim, F., 2012. *Pendekatan Beberapa Metode Dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh LANDSAT dan SIG*. Jurnal Ilmiah Agropolitan 5 (1 April 2012) , 620-635.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M., 2011. *Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey*. Ocean Engineering, 38 (2011), 1141-1149.
- McFeeters, S., 2013. *Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within a Remote Sensing*, 5 , 3544-3561.
- Ongkosongo, O.S.R., 2011. *Strategi Menghadapi Risiko Bencana Di Wilayah Pesisir Akibat Pemanasan Global Dan Perubahan Iklim Global*. Jakarta: LIPI.
- Prameswari, S., Agus, A., & Azis, R., 2014. *Kajian Dampak Perubahan Garis Pantai Terhadap Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisis Penginderaan Jauh Satelit di Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo Jawa Timur*. Jurnal Oseanografi 3(2), 267-276.
- Pugh, D., 2004. *Changing Sea Levels : Effects Of Tides, Weather And Climate*. Cambridge University Press.
- Putra, D., 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Robinson, D., 2011. *Analysis and Evaluation In Shoreline Detection In The South Holland Province, Using Images In Quad Polarization Mode From TerraSAR-X*.
- Samantha, G., 2013. *Terbaru: Panjang Garis Pantai Indonesia Capai 99.000 Kilometer*

- Data Dasar Rupa Bumi Wilayah Indonesia yang Berlaku Ternyata Tak Sesuai Hasil Survei di Lapangan.* Cited in <http://nationalgeographic.co.id/berita/2013/10/terbaru-panjang-garis-pantai-indonesia-capai-99000-kilometer>. [7 Januari 2015].
- Sugiarto, D., 2013. *LANDSAT 8: Spesifikasi, Keunggulan Dan Peluang Pemanfaatan Bidang Kehutanan.* Cited in <http://Tnrawku.Wordpress.Com/2013/06/12/LANDSAT-8-Spesifikasi-Keunggulan-Dan-Peluang-Pemanfaatan-Bidang-Kehutanan>.
- Suhelmi, I., Restu, N., & Hari, P., 2013. *Penentuan Garis Pantai Berdasarkan Undang-undang Informasi Geospasial Dalam Mendukung Pengelolaan Pesisir dan Laut.* Jurnal Ilmiah Geomatika Volume 19 No. 1 Agustus, 19-24.
- Triatmodjo, B., 2008. *Teknik Pantai.* Beta Offset.
- USGS, 2016. *LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook: Version 2.0.* Cited in <https://LANDSAT.usgs.gov/documents/LANDSAT8DataUsersHandbook.pdf>. [24 Oktober 2016].
- Yu, S., Mou, Y., Xu, D., You, X., Zhou, L., & Zheng, W., 2013. *A New Algorithm for Shoreline Extraction from Satellite Imagery with Non-Separable Wavelet and Level Set Method.* International Journal of Machine Learning and Computing, 158-163.
- Zonabmi, 2015. *Akresi Pantai.* Cited in <http://www.zonabmi.org/aplikasi/perubahan-garis-pantai/akresi-pantai.html>. [23 Oktober 2015]

PENGARUH ASIMILASI DATA PENGINDERAAN JAUH (RADAR DAN SATELIT) PADA PREDIKSI CUACA NUMERIK UNTUK ESTIMASI CURAH HUJAN (IMPACT OF REMOTE SENSING DATA ASSIMILATION (RADAR AND SATELLITE) ON NUMERICAL WEATHER PREDICTION FOR RAINFALL ESTIMATION)

Jaka Anugrah Ivanda Paski

Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG

Jl. Angkasa 1 no. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat 10720 Indonesia

e-mail: jaka.paski@yahoo.com

Diterima 26 Mei 2017; Direvisi 7 November 2017; Disetujui 10 November 2017

ABSTRACT

One of the main problems in numerical weather modeling was the inaccuracy of initial condition data (initial conditions). This study reinforced the influence of assimilation of remote sensing observation data on initial conditions for predictive numerical rainfall in BMKG radar area Tangerang (Province of Banten and DKI Jakarta) on January 24, 2016. The procedure applied to rainfall forecast was the Weather Research and Forecasting model (WRF) with a down-to-down multi-nesting technique from Global Forecast System (GFS) output, the model was assimilated to radar and satellite image observation data using WRF Data Assimilation (WRFDA) 3DVAR system. Data was used as preliminary data from surface observation data, EEC C-Band radar data, AMSU-A satellite sensor data and MHS sensors. The analysis was done qualitatively by looking at the measurement scale. Observation data was used to know rainfall data. The results of the study showed that producing rainfall predictions with different assimilation of data produced different predictions. In general, there were improvements in the rainfall predictions with assimilation of satellite data was showing the best results.

Keywords: *assimilation, WRFDA, radar, satellite*

ABSTRAK

Salah satu masalah utama pada pemodelan cuaca numerik adalah ketidak-akuratan data kondisi awal (*initial condition*). Penelitian ini menguji pengaruh asimilasi data observasi penginderaan jauh pada kondisi awal untuk prediksi numerik curah hujan di wilayah cakupan radar cuaca BMKG Tangerang (Provinsi Banten dan DKI Jakarta) pada 24 Januari 2016. Prosedur yang diterapkan pada prakiraan curah hujan adalah model *Weather Research and Forecasting* (WRF) dengan teknik *multi-nesting* yang di-*downscale* dari keluaran *Global Forecast System* (GFS), model ini diasimilasikan dengan data hasil observasi citra radar dan satelit menggunakan WRF Data Assimilation (WRFDA) sistem 3DVAR. Data yang digunakan sebagai kondisi awal berasal dari data observasi permukaan, data C-Band radar EEC, data satelit sensor AMSU-A dan sensor MHS. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan melihat nilai prediksi spasial distribusi hujan terhadap data observasi GSMaP serta metode bias curah hujan antara model dan observasi digunakan untuk mengevaluasi pengaruh data asimilasi untuk prediksi curah hujan. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan prediksi curah hujan dengan asimilasi data yang berbeda menghasilkan prediksi yang juga berbeda. Secara umum, asimilasi data penginderaan jauh memberikan perbaikan hasil prediksi estimasi curah hujan di mana asimilasi menggunakan data satelit menunjukkan hasil yang paling baik.

Kata kunci : *asimilasi, WRFDA, radar, satelit*

1 PENDAHULUAN

Model prediksi cuaca numerik semakin hari semakin berkembang seiring kemampuan komputasi dan penambahan jaringan pengamatan. Akurasi model prediksi cuaca numerik yang semakin baik banyak digunakan dalam membuat prakiraan cuaca oleh pusat layanan cuaca di banyak negara (Gustari, 2014). Prediksi cuaca numerik secara umum merupakan permasalahan keadaan awal (*initial condition*) dan syarat batas (*boundary condition*) dengan memberikan estimasi keadaan atmosfer awal serta syarat batas permukaan dan lateral, maka model akan mensimulasikan dan memprediksi evolusi atmosfer. Jadi, semakin akurat estimasi keadaan awal maka semakin baik kualitas prediksi yang dihasilkan (Junnaedhi, 2008). Oleh karena itu, kondisi awal sangat menjadi perhatian dalam prediksi cuaca numerik saat ini, banyak dari pusat-pusat prediksi cuaca numerik mencoba mengkombinasikan data asli dari pengamatan (observasi) sebagai keadaan awal. Pendekatan ini disebut asimilasi data (*Data Assimilation - DA*), yang tujuannya didefinisikan sebagai “menggunakan semua informasi yang tersedia, untuk menentukan keadaan

aliran atmosfer (atau lautan) seakurat mungkin.”(Talagrand, 1997 dan Kalnay, 2003)

Asimilasi data berawal dengan menggunakan data observasi dari beberapa titik pengamatan. Namun data observasi yang didapatkan sangat kurang untuk merepresentasikan suatu daerah dikarenakan jarak antar titik pengamatan sangat renggang. Oleh sebab itu dikembangkan asimilasi data berbasis data penginderaan jauh (*remote sensing*) seperti radar dan satelit yang memiliki data yang cukup untuk merepresentasikan keadaan cuaca dalam suatu daerah. Seperti yang telah dilakukan oleh (Sun, 2010) menggunakan model WRF *Data Assimilation* (WRFDA) menggunakan radar cuaca dan (Liu, 2006) menggunakan data radiasi pancaran satelit.

Prediksi hujan merupakan salah satu perhatian utama dalam prediksi cuaca. Fenomena hujan di dalam model numerik seringkali disebut parameter diagnostik karena tidak secara eksplisit terdapat dalam persamaan-persamaan diferensial dari model tersebut (Handoyo, 2015). Penelitian ini mencoba merumuskan masalah terkait asimilasi

penginderaan jauh dalam prediksi cuaca numerik khususnya estimasi curah hujan. Penelitian ini menggunakan data *Global Forecast System* (GFS) untuk diolah dalam WRF-ARW untuk model tanpa asimilasi dan model WRFDA (*WRF Data Assimilation*) sebagai alat untuk asimilasi data (Skamarock, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa jauh perbaikan hasil prediksi estimasi curah hujan numerik setelah dilakukan asimilasi data penginderaan jauh jika dibandingkan dengan tanpa asimilasi data. Data observasi pada model prediksi numerik yang digunakan untuk asimilasi adalah data observasi permukaan sinoptik, data radar Doppler C-Band *Enterprise Electronics Corporation* (EEC) BMKG Tangerang (Paski, 2016), data dari satelit sensor AMSU-A dan satelit sensor MHS (NCEP, 2008).

Pada penelitian ini mengambil kasus hujan di wilayah cakupan radar C-Band Radar EEC Tangerang tanggal 24 Januari 2016, di mana terjadi hujan dengan intensitas ringan hingga lebat. Curah hujan total tertinggi terukur 78 mm/hari di Stasiun Meteorologi Cengkareng dari data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), di mana tergolong lebat dikarenakan memiliki intensitas lebih dari 50 mm/hari atau 10-20 mm/jam (BMKG, 2010). Metode yang digunakan pada WRFDA dalam penelitian ini adalah metode variasi tiga dimensi (3D-Var) yang secara signifikan dapat mengurangi kesalahan model yang dipengaruhi oleh *Planetary Boundary Layer* (PBL). Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode asimilasi 3D-Var menghasilkan perbaikan pada prediksi parameter meteorologi (Dash, SK et al., 2013; Hou, T et al., 2013; Sahu, DK et al, 2014).

2 METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan beberapa masukan data antara lain inisial data GFS dengan resolusi 0,5° X 0,5° (Rutledge et al, 2006), Data *C-Band Doppler Radar* (CDR) BMKG Pulau Jawa

tanggal 23 Januari 2016 pukul 12.00 UTC, data sensor satelit *Advanced Microwave Sounding Unit-A* (AMSU-A) mempunyai 15 kanal inframerah dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) antara 23.8-89 GHz dan fungsi utamanya mengukur suhu atmosfer (prosesnya dikenal sebagai *Temperature Sounding*) dan mempunyai resolusi 45 km, sedangkan data *Microwave Humidity Sounder* (MHS) mempunyai lima *microwave* kanal pasif antara 89 -190 GHz untuk mempelajari profil uap air di atmosfer dan menyediakan data masukan yang telah ditingkatkan untuk algoritma *cloud-clearing* (Goodrum, 1999). Data *Background Error* (BE) yang didapat dari modul WRFDA untuk mendapatkan data inisial tambahan yang diperlukan. Data estimasi curah hujan satelit GSMaP berupa *rain rate* tiap jam.

Penelitian ini mengkonfigurasi domain model WRF menjadi tiga domain agar akurasi prediksi semakin baik dengan domain terkecil beresolusi tiga km yang mencakup wilayah radar cuaca EEC Tangerang seperti terlihat pada Gambar 2-1. Sebagai titik pusat koordinat adalah posisi *C-Band Doppler Radar* (CDR) BMKG Tangerang.



Gambar 2-1: Domain WRF *Data Assimilation*

Dalam menjalankan model WRF dengan asimilasi data radar pada WRFDA untuk sistem 3D-Var diperlukan beberapa

data inisial yang dapat dilihat pada Tabel 2-1. Proses yang dipersiapkan sedikit berbeda dengan menjalankan model tanpa asimilasi, terutama pada *namelist* dan *post processing*. Data yang dihasilkan memiliki format *.ctl* dan *.dat*.

Konfigurasi parameterisasi model menggunakan konfigurasi yang telah diteliti untuk wilayah Sumatera bagian selatan seperti wilayah Bengkulu oleh (Handoyo, 2015) dan Jakarta oleh (Gustari, 2014), seperti yang ditampilkan pada Tabel 2-2. Untuk *Background Error* (BE) menggunakan data *be.CV5* yang kemudian diubah menjadi *be.dat* untuk kebutuhan asimilasi.

Parameterisasi merupakan sebuah metode dalam meniru proses-proses fisis yang dirancang untuk mewakili proses tersebut tanpa memerlukan resolusi model spasial dan temporal yang rinci di mana dalam parameterisasi didasarkan pada konsep fisika namun melibatkan koefisien yang dapat diatur

(Pielke et al., 2006). Untuk prediksi hujan, pemilihan parameterisasi mikrofisik dan kumulus lebih kuat pengaruhnya dibandingkan skema lapisan batas planeter atau *Planetary Boundary Layer* (PBL) (Jankov et al., 2005).

Skema mikrofisik merupakan asumsi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah uap air, awan, dan proses presipitasi secara eksplisit. Skema mikrofisik yang digunakan adalah skema Purdue-Lin (Lin et al., 1983). Skema kumulus memparameterisasikan awan kumulus di dalam grid. Di antaranya adalah skema Kain-Fritsch, BMJ, Grell, dan Grell-Devenyi. Pada penelitian ini digunakan skema Kain-Fritsch yang baik untuk grid skala 20-25 km, dengan asumsi nilai *Convective Availability Potential Energy* (CAPE) besar, serta memperhitungkan efek downdraft dan updraft (Kain dan Fritsch, 1990).

Tabel 2-1: KONFIGURASI MODEL WRF DATA ASSIMILATION

Input Data	Format	Diproses dengan
Prediksi awal	NetCDF	WPS dan real.exe
Observasi Permukaan	ASCII	(OBSPROC)
Observasi Radar	ASCII	Manual
Observasi Satelit	BUFR	Tersedia pada dataset rda.ucar.edu
BE statistic	Binary	WRFDA gen be

Tabel 2-2: KONFIGURASI MODEL WRF DATA ASSIMILATION

Konfigurasi	Domain 1	Domain 2	Domain 3
Resolusi Grid Horizontal	27 Km	9 Km	3 Km
Skema Mikrofisik	Purdue - Lin	Purdue - Lin	Purdue - Lin
Skema PBL	YSU	YSU	YSU
Skema Kumulus	Kain - Fristch	Kain - Fristch	Kain - Fristch
Resolusi Temporal	180 detik	180 detik	180 detik
Jumlah Level Vertikal	30 Lapisan	30 Lapisan	30 Lapisan

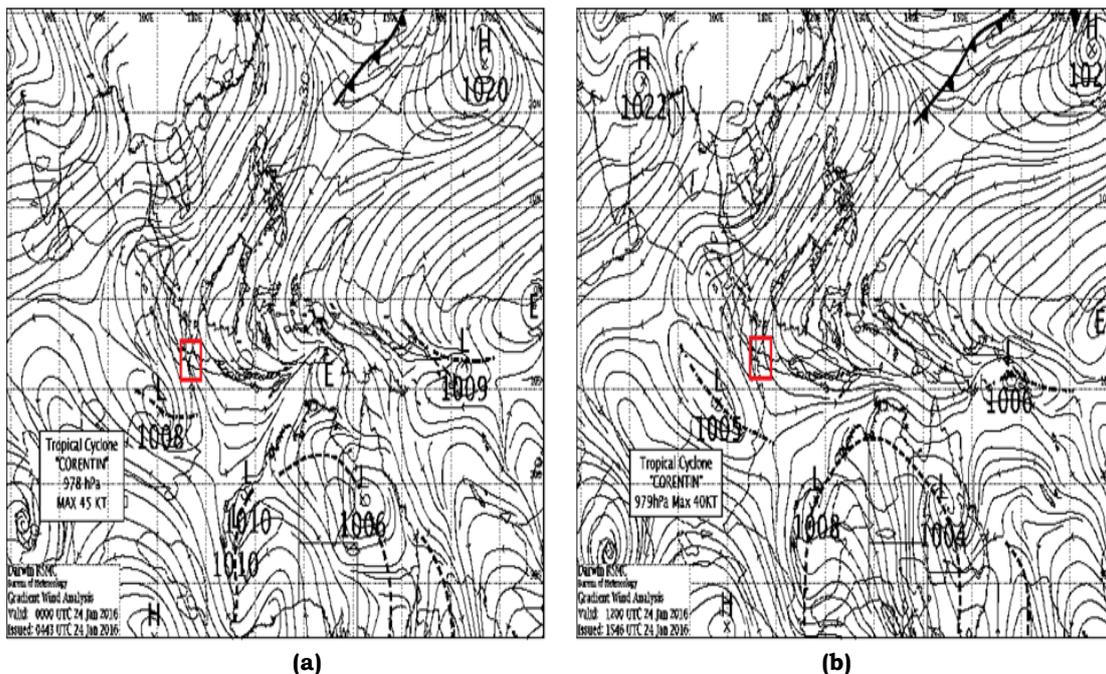
3 HASIL PEMBAHASAN

Analisis awal penyebab kejadian hujan dapat dilakukan terhadap angin gradien pada pukul 00.00 UTC dan 12.00 UTC yang berasal dari *Berau of Meteorology* (BOM) sebagaimana terlihat pada Gambar 3-1 (Paski et al., 2017a). Pada pukul 00.00 UTC terlihat adanya belokan angin (*shearline*) di wilayah utara Jakarta dan daerah tekanan rendah di barat daya pulau Jawa dengan tekanan mencapai 1008 hPa dan diindikasikan sebagai TC. Corentin (Gambar 3-1a). Kemudian pada pukul 12.00 UTC, belokan angin (*shearline*) tepat berada di wilayah Jakarta dan daerah tekanan rendah di barat daya pulau Jawa bergerak ke arah barat dengan tekanan semakin turun mencapai 1005 hPa (Gambar 3-1b).

Analisis awal dilakukan terhadap kondisi atmosfer saat kejadian hujan lebat yang melanda daerah Jakarta dan sekitarnya. Terlihat kondisi atmosfer mendukung terjadinya pembentukan awan konvektif akibat adanya belokan angin dan penurunan tekanan antara pukul 00.00 UTC hingga 12.00 UTC

membuat konvektivitas semakin bertambah. Jika dilihat dari waktu kejadian dan intensitas hujan yang turun, menunjukkan bahwa pada malam hari menjelang dini hari terdapat kejadian hujan turun dengan intensitas tinggi di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Selain adanya belokan angin dan tekanan rendah, fenomena cuaca regional seperti NCS memberi dampak yang besar terhadap cuaca di wilayah Indonesia bagian barat terutama di Laut Jawa dan wilayah Jawa bagian utara (Paski et al., 2017b).

Asimilasi dilakukan dengan menambahkan data observasi synop tanggal 23 Januari 2017 pada 12.00 UTC ke dalam proses WRFDA sehingga *initial condition* diperbarui oleh data observasi. Adapun data observasi yang digunakan adalah data radar yang berasal dari stasiun meteorologi Tangerang, dan data satelit AMSU-A serta satelit MHS pada waktu pengamatan yang sama. Sebelumnya, WRF tanpa asimilasi akan dijalankan dengan memakai data GFS untuk prediksi 36 jam ke depan.



Gambar 3-1: Analisis profil angin gradien 00.00 UTC (a) dan 12.00 UTC (b) pada tanggal 24 Januari 2016 (Sumber: Bureau of Meteorology)

Luaran WRF hasil asimilasi yaitu prediksi hujan diverifikasi terhadap data curah hujan GSMaP, di mana data GSMaP ini cukup akurat untuk digunakan sebagai data curah hujan secara spasial (Tian, 2010). Pada Gambar 3-2, terlihat melalui satelit GSMaP adanya total curah hujan pertiga jam yang berpusat di utara Serang dan di Laut Jawa pada pukul 21.00 UTC tanggal 24 Januari 2016. Hal ini terlihat dengan adanya kontur warna hijau gelap yang luas di sekitar wilayah tersebut. Model WRF yang telah dijalankan baik asimilasi maupun tanpa asimilasi mampu memprediksi hujan di wilayah tersebut dengan ditandai adanya kontur warna hijau dan kuning yang lebih besar dibandingkan dengan menghasilkan kontur warna hijau hingga kuning.

Hasil distribusi hujan GSMaP pada pukul 21.00 UTC pada Gambar 3-2a. Jika dibandingkan dengan hasil keluaran dari ke-4 model yang dijalankan, distribusi hujan pada tiap-tiap model masih sedikit berbeda lokasi dengan observasi dan cenderung *overestimate* untuk setiap model. Namun bila dilihat lebih seksama, hasil keluaran model tanpa asimilasi (a) dan model asimilasi (b, c, d dan e) menggambarkan adanya pola distribusi hujan yang mendekati observasi baik model tanpa asimilasi maupun model asimilasi, ini terlihat dari intensitas hujan yang tinggi digambarkan pada model tanpa asimilasi.

Model tanpa asimilasi (model WRF tanpa proses asimilasi data observasi radar dan satelit) menggambarkan adanya distribusi hujan di hampir seluruh bagian Selat Sunda dan timur Pulau Jawa dibanding dengan yang digambarkan oleh hasil observasi pada GSMaP dan intensitas dan luasan yang cenderung lebih besar. Untuk pola distribusi hujan cenderung menggambarkan prediksi yang sama untuk lokasinya namun intensitasnya masih lebih tinggi (Gambar 3-2b).

Pada model asimilasi data sinoptik permukaan berupa parameter suhu, tekanan, kelembaban, arah dan

kecepatan angin yang menggunakan data GDAS (Gambar 3-2c). Hasil prediksi curah hujan lebih baik jika dibandingkan dengan model tanpa asimilasi dalam menggambarkan adanya distribusi hujan di barat laut pulau Jawa yang dominan namun dengan lokasinya yang bergeser sedikit ke selatan dari yang digambarkan oleh hasil observasi pada GSMaP. Pola hujan lebih terpusat ke bagian barat laut hingga barat Pulau Jawa dengan cakupan yang cukup luas. Namun model (c) tidak lebih baik dalam menggambarkan intensitas curah hujan di wilayah yang di kotak hitam dibanding model tanpa asimilasi.

Model asimilasi (Gambar 3-2d) yang menggunakan data reflektifitas (z) juga menggambarkan adanya distribusi hujan di barat daya Pulau Jawa yang dominan dan lokasinya hampir serupa seperti yang digambarkan oleh hasil observasi GSMaP dengan intensitas dan luasan yang cenderung lebih besar. Di wilayah barat hingga barat laut Pulau Jawa terlihat adanya prediksi pola distribusi hujan dengan intensitas yang besar. Adanya perbaikan prediksi ini dikarenakan asimilasi data radar memiliki masukan yang lebih banyak dengan kerapatan *grid* hingga 250 m.

Model asimilasi data satelit adalah model asimilasi yang menambahkan data radiasi suhu puncak awan dalam perhitungan model WRF (Sagita, 2017). Hasil prediksi menggambarkan adanya distribusi hujan yang lokasinya hampir serupa seperti yang digambarkan oleh hasil model lainnya dengan intensitas dan luasan yang cenderung tidak besar. Terlihat adanya pola distribusi hujan berpusat di barat daya Pulau Jawa. Perbaikan hasil prediksi ini dikarenakan pengaruh data *masukan* satelit yang lebih mampu menggambarkan perawanan (*Cloudness*) dan data *masukan* suhu puncak awan dari observasi satelit yang lebih banyak kuantitasnya (Gambar 3-2e).

Dari semua model yang dijalankan untuk menghasilkan distribusi spasial

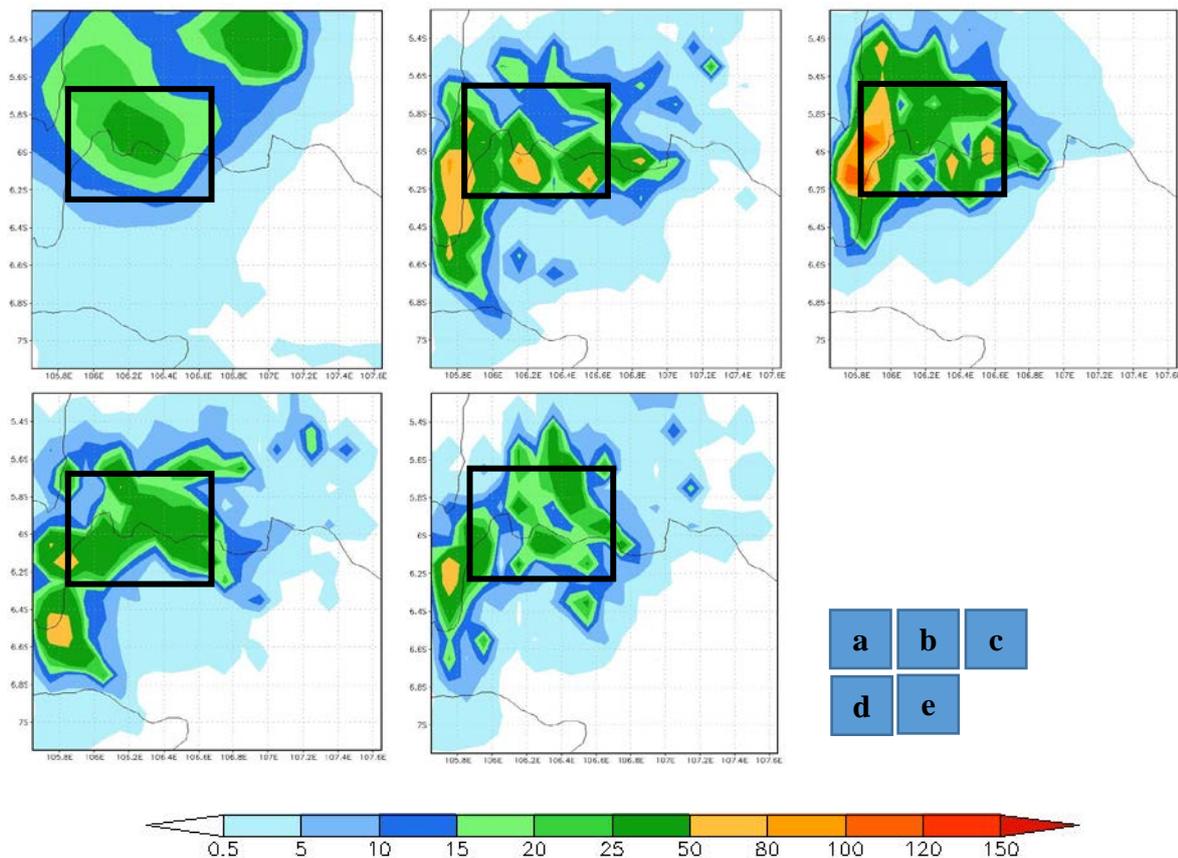
hujan pukul 21.00 UTC, model asimilasi (e) yang menggunakan data satelit dan yang menggunakan data reflektifitas radar (d) lebih mendekati hasil luaran dari observasi GSMaP dikarenakan data masukan yang banyak dan lebih rapat untuk tiap grid. Pola distribusi terlihat serupa namun tetap *overestimate* untuk intensitasnya dan luasannya.

Sedangkan dari bias akumulasi curah hujan harian 24 Jam tanggal 24 Januari 2016 yang didapatkan dengan meng-*overlay* hasil prediksi asimilasi dan tanpa asimilasi terhadap data observasi GSMaP seperti pada Gambar 3-3. Terlihat warna putih menandakan model cuaca memprediksi tepat, warna coklat menandakan model cuaca *overestimate* dan warna biru menandakan model cuaca *underestimate*. Terlihat di sekitar Jabodetabek bahwa bias hujan WRF tanpa asimilasi data jauh *overestimate* untuk wilayah yang di kotak hitam (ditandai dengan warna coklat yang luas) pada

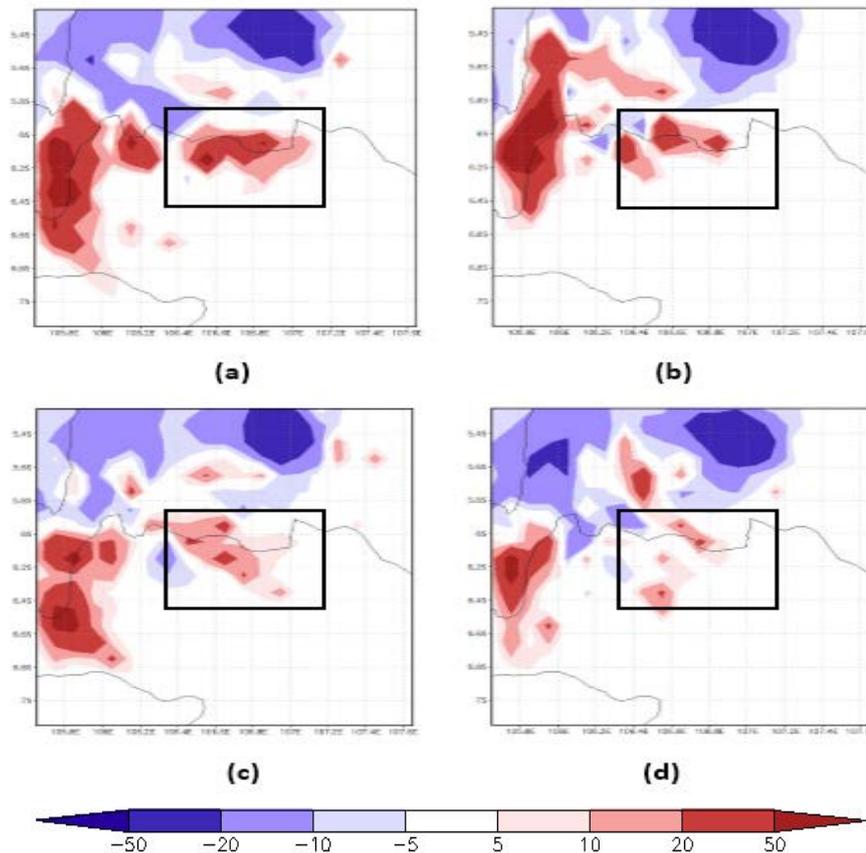
Gambar 3-3a.

Pada bias akumulasi antara WRF asimilasi data sinop dengan GSMaP (Gambar 3-3b), terlihat berkurangnya bias dibandingkan model tanpa asimilasi pada wilayah di kotak hitam. Hal ini ditandai dengan warna coklat yang semakin muda dan lokasinya yang semakin mengecil. Namun wilayah di luar kotak hitam terlihat dominan *overestimate* dibandingkan model tanpa asimilasi.

Dari bias total akumulasi curah hujan harian untuk model asimilasi data reflektifitas radar (Gambar 3-3c), terlihat bahwa bias hujan WRF hasil asimilasi data radar lebih akurat jika dibandingkan terhadap WRF tanpa asimilasi dan asimilasi data sinop. Warna coklat yang menandakan model cuaca *overestimate* terlihat di sekitar Jabodetabek yang di kotak hitam semakin berkurang.



Gambar 3-2: Analisaisspasial total curah hujan per tiga jam pada pukul 21.00 UTC (a) GSMaP (b) WRF tanpa asimilasi (c) Asimilasi data sinop (d) Asimilasi data radar (e) Asimilasi data satelit



Gambar 3-3: Bias total curah hujan harian pada tgl 24 Januari 2016 00 Z (a) WRF tanpa asimilasi-GSMaP (b) asimilasi data sinop-GSMaP (c) asimilasi data radar-GSMaP (d) asimilasi data satelit-GSMaP

Untuk wilayah lainnya juga terdapat perbaikan terutama yang berada di barat Pulau Jawa, di mana bias hujan WRF asimilasi data radar semakin berwarna putih.

Untuk asimilasi data satelit menunjukkan akurasi yang paling baik (ditandai dengan warna putih yang lebih luas pada wilayah kotak hitam) pada gambar 3-3d. Untuk wilayah lainnya juga terdapat perbaikan terutama yang berada di barat dan utara Pulau Jawa, di mana bias hujan WRF asimilasi data radar semakin berwarna putih. Semakin sedikit warna merah maupun biru, semakin sedikit bias hasil prediksi.

4 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya perbaikan hasil prediksi curah hujan antara model WRF asimilasi dibandingkan dengan model tanpa asimilasi dari hasil analisis spasial curah hujan per tiga jam dan bias terhadap hasil observasi dari GSMaP pada kasus kejadian hujan tanggal

24 Januari 2016. Perbaikan hasil prediksi model memang belum terlihat signifikan.

Hasil analisis terhadap model prediksi asimilasi data WRF menunjukkan bahwa model prediksi dengan menggunakan asimilasi data satelit memberikan pengaruh yang paling baik jika dibandingkan model asimilasi lainnya. Namun secara keseluruhan nilai yang didapatkan masih *overestimate* dibandingkan data observasinya. Hal ini disebabkan karena pengguna data primer lainnya seperti data BE dan data inisial GFS yang belum maksimal sehingga memberikan data prediksi yang belum memberikan hasil yang akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis dalam hal ini mengucapkan terima kasih yang ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis baik penyediaan data, pengerjaan data, terutama rekan-rekan di Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, serta Tim

Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

- BMKG, 2010. *Prosedur Standar Operasional Pelaksanaan Peringatan Dini, Pelaporan & Diseminasi Informasi Cuaca Ekstrim Badan Meteorologi, Kimatologi, dan Geofisika*. Cited in [http:// hukum.bmkg.go.id/vifiles/Prosedur %20Standar%20Operasional%20Pelaksanaan%20Peringatan%20Dini,Pelaporan,&%20Diseminasi%20Informasi%20Cuaca%20Ekstrim.pdf](http://hukum.bmkg.go.id/vifiles/Prosedur%20Standar%20Operasional%20Pelaksanaan%20Peringatan%20Dini,Pelaporan,&%20Diseminasi%20Informasi%20Cuaca%20Ekstrim.pdf) [20 Februari 2017].
- Dash, S. K., Sahu, D.K., Sahu, S.C., 2013. *Impact of AWS Observation in WRF-DVAR Data Assimilation System: a Case Study On Abnormal Warming Condition in Odisha*. *Nethazard*. 65, 767-798.
- Goodrum, G., Kidwell K. B., Winston W., 1999. *NOAA KLM user's guide* (US: US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Satellite Services Branch). Cited in <https://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/satellite/publications/podguides/N-15%20thru%20N-19/pdf/0.0%20NOAA%20KLM%20Users%20Guide.pdf> [20 Februari 2017].
- Gustari, I., 2014. *Perbaikan Prediksi Cuaca Numerik Kejadian Hujan Sangat Lebat Terkait dengan Sistem Awan di Jabodetabek Menggunakan Asimilasi Data Radar C-Band*. Disertasi Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Handoyo, M. F., 2015. *Analisa Dinamika Atmosfer Saat Kejadian Hujan Lebat Menggunakan Simulasi Model WRF-ARW (Studi Kasus Bengkulu Tanggal 27 Agustus 2014)*. Skripsi Diploma IV Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Hou, T., Kong, F., Chen, X. and Lei, H., 2013. *Impact of 3DVAR Data Assimilation on the Prediction of Heavy Rainfall Over Southern China*. *Advances in Meteorology*. 1-17.
- Jankov, I., W. A. Gallus, M. Segal, B. Shaw, and S. E. Koch, 2005. *The Impact of Different WRF Model Physical Parameterizations and their Interactions on Warm Season MCS Rainfall*. *Wea. Forecasting*, 20, 1048-1060, doi: 10.1175/WAF888.1.
- Junnaedhi, I., 2008. *Pengaruh Asimilasi Data dengan Metode 3DVAR Terhadap Hasil Prediksi Cuaca Numerik di Indonesia*. Meteorologi ITB. Bandung.
- Kain, J. S. and J. M. Fritsch, 1990. *A One-Dimensional Entraining or Detraining Plume Model and Its Application in Convective Parameterization*. *J. Atmos. Sci.*, 47, No. 23, 2784-2802.
- Kalnay, E., 2003. *Atmospheric Modelling, Data Assimilation and Predictability*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lin, Y.-L., R. D., Farley, and H. D., Orville, 1983. *Bulk Parameterization of the Snow Field in a Cloud Model*. *J. Climate Appl. Meteor*, 22, 1065-1092.
- Liu, Z., 2006. *Radiance Data Assimilation in WRFDA*. Summer WRFDA tutorial. Cited in http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/wrfda/Tutorials/2011_July/docs/WRFDA_radiance.pdf [20 Februari 2017].
- National Centers for Environmental Prediction/ NCEP Department of Commerce, 2008. *NCEP ADP Global Upper Air, GDAS Satellite Data and Surface Weather Observations May 1997 - Continuing Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory Boulder CO*. Cited in <http://rda.ucar.edu/datasets/ds337.0/> [20 Februari 2017].
- Paski, J.A.I., 2016. *Pengaruh Asimilasi Data Radar C-Band dalam Prediksi Cuaca Numerik (Studi Kasus di Lampung)*. Skripsi Diploma IV Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Paski, J.A.I., A. Sepriando, & D.A.S., Pertiwi, 2017a. *Pemanfaatan Teknik RGB pada Citra Satelit Himawari-8 untuk Analisa Dinamika Atmosfer Kejadian Banjir Pulau Jawa 20 - 21 Februari 2017*. Prosiding Seminar Nasional HMD 67 STMKG. Jakarta.
- Paski, J.A.I., A., Sepriando, A. E., Sakya, A. S., Handayani, D. A. S., Pertiwi, S. Noviati,

- 2017b. *Identifikasi Northerly Cold Surge (NCS) Memanfaatkan Numerical Weather Prediction (NWP) dan Teknik RGB Airmass pada Satelit Himawari-08*. Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer LAPAN. Bandung.
- Pielke, R. A. Sr., Matsui, T., Leoncini, G., Nobis, T., Nair, U. S., Lu, E., Eastman, J., Kumar, S., Peters-Lidard, C. D., Tian, Y., dan Walku, R. L., 2006. *A New Paradigm for Parameterizations in Numerical Weather Prediction and Other Atmospheric Models*, National Weather Digest, 30, 93-99.
- Rutledge, G. K., Alpert J., Ebuisaki W., 2006. *NOMADS: A Climate and Weather Model Archive at the National Oceanic and Atmospheric Administration Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 87, 327-341.
- Sagita, N., Hidayati, R., Hidayat, R., & Gustari, I., 2017. *Satellite Radiance Data Assimilation for Rainfall Prediction in Java Region*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Sahu, D.K., Dash, S.K., Bhan, S.C., 2014. *Impact of Surface Observations on Simulation of Rainfall Over NCR Delhi Using Regional Background Error Statistic in WR-3DVAR Model*. Meteorol Atmos Phys. 125, 17-42.
- Skamarock, W. C., Klemp J. B., Dudhia J., Gill D. O., Barker D. M., Wang W., and Powers J.G., 2005. *A Description of the Advanced Research WRF version 2 (No. NCAR/TN-468+ STR)*. National Center For Atmospheric Research Boulder Co Mesoscale and Microscale Meteorology Div.
- Sun, J., 2010. *Doppler Radar Data Assimilation with WRFDA*. NCAR. Cited in http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/wrfda/Tutorials/2010_Feb/docs/WRFVAR_Tut_RADAR_Feb10.pdf [20 Februari 2017]
- Talagrand O., 1997. *Assimilation of Observation, an Introduction*. J. Met.Soc Japan Special 75, 191-209.
- Tian, Y., C. D., Peters-Lidard, R. F., Adler, T., Kubota, and T., Ushio, 2010. *Evaluation of GSMaP Precipitation Estimates over Contiguous U.S*. J. Hydrometeor., 11, 566-574.

KLASIFIKASI MULTISKALA UNTUK PEMETAAN ZONA GEOMORFOLOGI DAN HABITAT BENTIK MENGGUNAKAN METODE OBIA DI PULAU PARI (MULTISCALE CLASSIFICATION FOR GEOMORPHIC ZONE AND BENTHIC HABITATS MAPPING USING OBIA METHOD IN PARI ISLAND)

Ari Anggoro^{1*}, Vincentius P. Siregar^{}, dan Syamsul B. Agus^{**})**

***Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Bengkulu**

Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Muara Bangka Hulu, Kota Bengkulu, Bengkulu 38371

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

Kampus IPB Dramaga Bogor, Jalan Raya Dramaga, Babakan, Dramaga, Babakan, Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680

¹e-mail: arianggoro@unib.ac.id

Diterima 04 Mei 2017; Direvisi 16 November 2017; Disetujui 20 November 2017

ABSTRACT

This study used multiscale classification and applied object-based image analysis (OBIA) for geomorphic zone and benthic habitats mapping in Pari islands. An optimized segmentation was performed to get optimum classification result. Classification methods for level 1 and 2 used contextual editing classification and for level 3 used support vector machines classifier. The results showed that overall accuracy for level 1 was 97% (reef level), level 2 was 87% (geomorphic zone), and level 3 was 75% (benthic habitats). Accuracy achieved by support vector machines classification was performed only in level 3 and optimum scale value achieved was 50 in compare with other scale values, i.e. 5, 25, 50, 75, 95. OBIA methods can be used as an alternative for geomorphic zone and benthic habitats map.

Keywords: multiscale, OBIA, geomorphic zone and benthic habitats, Pari island

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan klasifikasi multiskala dan penerapan analisis citra berbasis obyek (OBIA) untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik di Pulau Pari. Analisis berbasis obyek dilakukan optimasi pada proses segmentasi untuk mendapatkan hasil klasifikasi optimal. Metode klasifikasi pada level 1 dan 2 menggunakan klasifikasi *contextual editing* dan pada level 3 menggunakan klasifikasi *Support Vector Machines* (SVM). Hasil penelitian ini menunjukkan akurasi keseluruhan pada level 1 yaitu 97% (*reef level*), level 2 yaitu 87% (*Geomorphic level*), dan level 3 yaitu 75% (*benthic habitat level*). Klasifikasi SVM hanya diterapkan pada level 3 dan nilai skala optimum sebesar 50 dari percobaan nilai skala yaitu 5, 25, 50, 75, 95. Metode OBIA dapat digunakan sebagai alternatif untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik.

Kata kunci: *multiskala, OBIA, zona geomorfologi dan habitat bentik, Pulau Pari*

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh meningkat seiring dengan kemajuan teknologi saat ini. Perkembangan ini meliputi kemampuan sensor dan wahana satelit yang membawa sensor mencapai orbit sehingga dapat mendeteksi obyek yang berada di permukaan bumi. Data yang dihasilkan berasal dari perekaman sensor yang mengalami peningkatan resolusi meliputi resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi spektral, dan resolusi radiometrik. Kemajuan teknologi ini menuntut para praktisi bidang penginderaan jauh melakukan pengembangan metode-metode ekstraksi citra dengan metode klasifikasi untuk mendapatkan informasi yang tepat dan akurat. Klasifikasi citra meliputi klasifikasi secara manual menggunakan citra dan klasifikasi multispektral secara digital menggunakan komputer. Klasifikasi multispektral merupakan salah satu bagian dari pengolahan citra penginderaan jauh untuk menghasilkan peta tematik dan dijadikan masukan dalam permodelan spasial dalam lingkungan sistem informasi geografis/GIS (Danoedoro, 2012).

Metode klasifikasi multispektral sebagian besar bertumpu pada satu kriteria yang digunakan yaitu nilai spektral pada keseluruhan saluran (*band*). Metode klasifikasi diterapkan untuk mengekstrak informasi berdasarkan kebutuhan pengguna seperti pemetaan

sumberdaya yang berada di daratan (*terrestrial*) dan perairan (*aquatic*). Telah banyak penelitian menggunakan citra satelit untuk pemetaan habitat bentik, antara lain klasifikasi multispektral dari citra *quickbird* di wilayah perairan laut telah mampu memetakan habitat bentik (Siregar, 2010). Pemetaan habitat dasar dan estimasi stok ikan terumbu dengan citra *worldview-2* (Siregar, *et al.*, 2013). Pemantauan status lingkungan terumbu karang (Green, *et al.*, 2000). Evaluasi beberapa lokasi untuk klasifikasi terumbu karang di wilayah tropis (Andréfouët, *et al.*, 2003). Pemetaan geomorfologi dan ekologi terumbu karang (Phinn, *et al.*, 2011). Namun, dalam pemanfaatan teknologi ini terdapat kesulitan dan permasalahan khusus yaitu pengaruh permukaan perairan dan kedalaman perairan terhadap reflektansi dasar perairan (Lyzenga, 1981; Mumby, *et al.*, 1999). Permasalahan yang lain adalah penentuan metode klasifikasi citra dengan tingkat akurasi yang baik dari peta yang dihasilkan (Green, *et al.*, 2000; Congalton dan Green, 2009).

Klasifikasi citra merupakan proses mengelompokkan piksel ke dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai kecerahan piksel (*brightness value/BV/digital number*) pada citra (Danoedoro, 2012). Klasifikasi citra pada perkembangannya dibagi menjadi dua basis yaitu klasifikasi citra berbasis piksel (*pixel base*) dan berbasis obyek (*object base*)

image analysis/OBIA) (Navulur, 2007; Blaschke T., 2010). (Andréfouët, et al., 2003) menerapkan metode klasifikasi berbasis piksel algoritma *maximum likelihood* dari citra IKONOS dan Landsat 7. (Kondraju, et al., 2013) menerapkan beberapa teknik klasifikasi berbasis piksel meliputi (*support vector machines/SVM*, *spectral angular mapper/SAM*, *spectral information divergence/SID*, dan *support vector machine/SVM*) dari citra Landsat untuk mengidentifikasi terumbu karang dan menghasilkan akurasi terbaik pada metode klasifikasi algoritma SVM. Penerapan metode klasifikasi berbasis piksel telah menghasilkan peta habitat bentik dengan akurasi yang berbeda-beda. Penerapan beberapa metode klasifikasi citra diharapkan menghasilkan akurasi pemetaan yang baik. Metode yang menjadi pilihan pada klasifikasi citra selain metode berbasis piksel adalah dengan metode klasifikasi berbasis obyek/OBIA.

OBIA adalah paradigma baru dalam klasifikasi citra dan merupakan salah satu sub-kajian dari GISscience yang fokus pada pengembangan metode analisis citra penginderaan jauh berbasis obyek sehingga menjadi beberapa obyek yang memiliki makna tertentu (Navulur, 2007). OBIA mampu mendefinisikan kelas-kelas obyek berdasarkan aspek spektral dan aspek spasial secara sekaligus (Danoedoro, 2012). Dalam tahapan OBIA dilakukan proses segmentasi citra (*pixel level*) menjadi segmen/obyek (*object level*) yang homogen sesuai dengan parameternya. Segmentasi satu level biasanya tidak efisien dalam merepresentasikan satu kajian dalam sebuah *scene* citra karena dalam satu *scene* citra terdapat sebuah hirarki pola dan informasi pada skala yang berbeda dan secara simultan bisa ditampilkan melalui segmentasi multiskala (Baatz dan Schäpe, 2000).

Klasifikasi menggunakan metode OBIA terbukti mampu meningkatkan akurasi pada pemetaan geomorfologi

dan ekologi ekosistem terumbu karang di tiga perairan yang berbeda dan menghasilkan akurasi keseluruhan antara 52%-78% (Phinn, et al., 2011). (Kondraju, et al., 2013) melaporkan bahwa algoritma SVM menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan algoritma klasifikasi lainnya seperti *maximum likelihood classification* (MLC) dan *spectral angular mapper* (SAM).

Berdasarkan hal di atas, metode untuk mengekstrak informasi dari citra perlu memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi hasil akurasi. Penerapan metode OBIA dengan klasifikasi multiskala diharapkan mampu meningkatkan akurasi.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona geomorfologi dan habitat bentik berdasarkan klasifikasi multiskala dengan optimasi parameter segmentasi dengan menggunakan metode OBIA di gugus Pulau Pari.

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi metode alternatif untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik di perairan Indonesia.

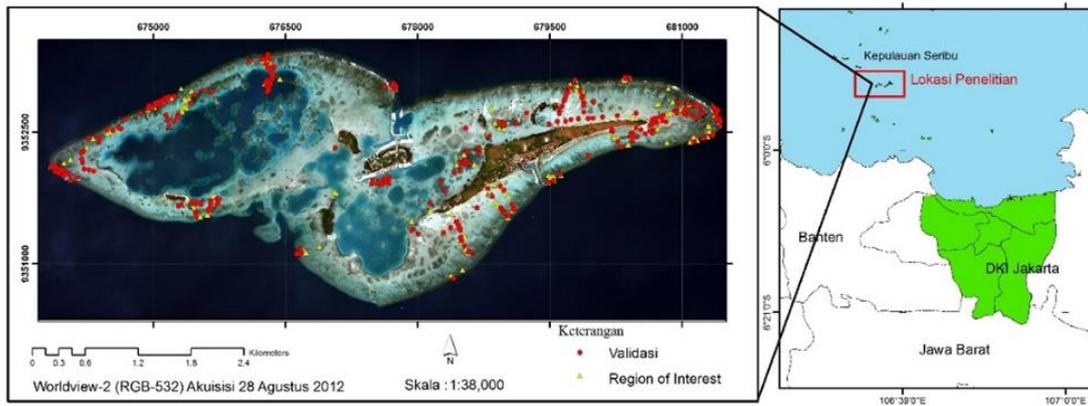
2 METODOLOGI

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah terumbu karang gugusan Pulau Pari Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu pada bulan Februari-Maret 2014. Secara geografis lokasi penelitian terletak antara 5°51'32.94"- 5° 51'37,71" LS dan 106°34'6,469"-106°38'23,81" BT (Gambar 2-1).

2.2 Bahan dan Data

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah citra worldview-2 (standar level 2A 16 bit) hasil akuisisi 28 Agustus 2012 dengan sistem proyeksi koordinat UTM zona 48S-WGS84. Karakteristik citra worldview-2 terdiri dari 8 saluran multispektral (*coastal*, *blue*, *green*, *yellow*, *red*, *red-edge*, *NIR1* dan *NIR2*) dengan resolusi spasial 2 meter dan pankromatik dengan resolusi spasial 0.5 meter (Digitalglobe, 2010).



Gambar 2-1: Lokasi penelitian dan titik pengamatan lapangan

Pengumpulan data lapangan berasal dari identifikasi zona geomorfologi dan habitat bentik. Penentuan kelas zona geomorfologi berdasarkan pengamatan langsung secara visual di lapangan, sedangkan komposisi habitat bentik diidentifikasi dengan menerapkan teknik foto transek kuadrat (English, *et al.*, 1994; Roelfsema dan Phinn, 2008). Pengamatan lapangan (GTH) diambil sebanyak 500 titik berupa foto dan koordinat dicatat menggunakan *Global Position System* (GPS). Teknik foto transek kuadrat dilakukan dengan kuadran berukuran 1x1 meter yang diletakkan pada transek sepanjang 50 meter.

Analisis persentase tutupan setiap foto dianalisis dengan perangkat lunak *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe) menggunakan metode *uniform grid* (Kohler dan Gill, 2006). Skema klasifikasi citra pada penelitian ini mengacu pada (Phinn, *et al.*, 2011) yang terdiri dari tiga level berdasarkan komposisi karang yaitu level pertama (*reef level*), level dua (zona geomorfologi) dan level tiga (habitat bentik). Skema klasifikasi pada level tiga ditentukan berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan dilakukan analisis kluster menggunakan jarak *bray-curtis* dengan kemiripan sebesar 80%. Analisis kluster menghasilkan sembilan kelas habitat bentik yaitu kelas karang hidup (KH), karang hidup + *rubble* (KHR), lamun jarang + pasir (LjP), lamun padat (Lp), pasir + *rubble* (PsR), pasir (Ps), pasir +

lamun jarang (PsLj), *pavement/rock* (Pv), dan *rubble* (R).

2.3 Pengolahan Citra

Pada pra-pengolahan citra worldview-2 dilakukan koreksi atmosferik dengan perangkat lunak ENVI 5.1 menggunakan modul koreksi atmosferik FLAASH (Exelisvis, 2015). Proses selanjutnya, citra terkoreksi atmosferik digunakan sebagai *input* pada pengolahan citra yaitu proses klasifikasi OBIA menggunakan perangkat lunak eCognition 9. Pengolahan awal klasifikasi OBIA yaitu proses segmentasi terhadap IIL (*input image layer*). IIL yang digunakan pada penelitian ini adalah saluran multispectral citra worldview-2 (*coastal, blue, green, yellow, red, red-edge, NIR1 dan NIR2*). Langkah selanjutnya adalah membangun *rule set* dalam *proses tree* untuk setiap segmen menjadi kelas pada setiap level.

2.4 Segmentasi

Segmentasi menggunakan algoritma *multiresolution segmentation* (MRS) dengan besaran skala berbeda-beda (multiskala) untuk level satu, dua, dan tiga. Segmentasi multiskala ini menghasilkan sekumpulan *layer* obyek citra dalam suatu jaringan hirarki. Parameter yang terdapat dalam algoritma ini adalah *scale, shape, dan compactness*. Segmentasi level 1 menggunakan skala = 150, level 2 = 100, dan level 3 dengan optimasi. Optimasi parameter skala hanya diterapkan pada level 3 saja dengan

perubahan nilai skala (*scale*) sedangkan parameter *shape* dan *compactness* ditentukan dengan nilai masing-masing 0,1 dan 0,9 pada setiap percobaan nilai parameter skala yang diuji. Nilai parameter skala yang diuji meliputi 5, 25, 50, 75, 95 sehingga diperoleh nilai skala optimum. Sampai saat ini belum ada *framework* teoritis tentang parameter segmentasi terbaik sehingga pengguna harus mencari sendiri parameter-parameter segmentasi terbaik pada tiap level melalui metode *try and error* (Blaschke Thomas dan Hay, 2001; Burnett dan Blaschke, 2003).

2.5 Klasifikasi Multiskala Metode OBIA

Klasifikasi citra dengan multiskala menggunakan metode kontekstual (level 1 dan level 2) dan klasifikasi terbimbing algoritma *Support Vector Machines* (level 3) yang terdapat pada perangkat lunak eCognition 9. Metode klasifikasi kontekstual berdasarkan aspek spektral dan spasial dengan penentuan nilai *threshold* dari fitur yang tepat untuk setiap kelas. Fitur yang digunakan terdiri dari dua yaitu fitur yang berhubungan dengan obyek dan fitur yang berhubungan dengan kelas (eCognition, 2014). Aspek spektral meliputi nilai *layer* (rata-rata, standar deviasi, dan rasio antar saluran) dan kostumasi dengan transformasi NDVI (*normalize different vegetation index*). Sementara itu aspek spasial mengacu

pada obyek-obyek yang telah memiliki kelas pada level yang sama ke dalam kelas hirarki obyek citra yaitu fitur *relative boarder to* dan *distance to*. Selanjutnya klasifikasi level 3 menggunakan klasifikasi *support vector machine* (SVM) yang merupakan klasifikasi terbimbing aturan SVM dengan *input thematic layer* dari pengamatan lapangan.

2.6 Uji Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan terhadap seluruh peta hasil klasifikasi untuk mengetahui akurasi dari teknik klasifikasi yang diterapkan. Uji akurasi yang umum dilakukan pada data hasil klasifikasi penginderaan jauh adalah matrik kesalahan (*error matrix*) dengan mengukur akurasi keseluruhan (OA), *producer accuracy* (PA), *user accuracy* (UA), dan kappa (Congalton dan Green 2009).

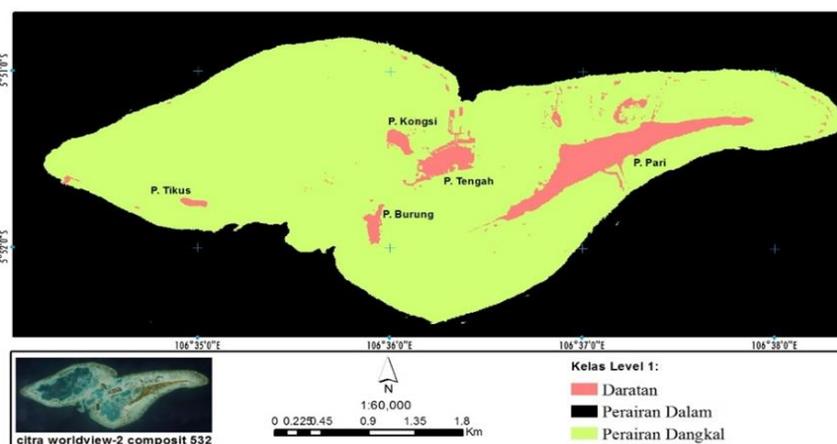
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Klasifikasi Multiskala

3.1.1 Klasifikasi Level 1 (*Reef System*)

Klasifikasi pada level 1 menghasilkan 3 kelas yaitu daratan, perairan dangkal, dan perairan dalam.

Hasil klasifikasi ini merupakan dasar dalam proses klasifikasi level 2 dan 3. Gambar 3-1 untuk kelas daratan di gugus Pulau Pari terdiri dari beberapa pulau, yaitu Pulau Pari, Kongsis, Burung, Tengah, dan Tikus (Gambar 3-1).



Gambar 3-1: Hasil klasifikasi level 1

Gambar 3-1 merupakan peta hasil klasifikasi level satu menggunakan metode kontekstual. Dalam klasifikasi ini terdapat sebanyak 12.986 obyek dipetakan menjadi 3 kelas dengan luasan daratan 86,9 Ha, perairan dangkal 1094,7 Ha dan perairan dalam 1242,3 Ha. Hasil klasifikasi kelas perairan dangkal menjadi batasan wilayah untuk proses segmentasi dan klasifikasi pada level 2. Dari pengujian akurasi dihasilkan akurasi keseluruhan sebesar 97%. Sedangkan akurasi PA dan UA setiap kelas dengan akurasi >95%. Hasil akurasi ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan kelas mampu dipetakan dengan sangat baik. Akan tetapi, masih terdapat kesalahan pada klasifikasi. Kesalahan terjadi pada kelas perairan dangkal menjadi daratan, hal ini disebabkan kondisi perairan yang terdapat terumbu karang yang muncul ke permukaan. (Phinn, *et al.*,2011) melaporkan bahwa klasifikasi pada level 1 (*reef level*) pada sistem klasifikasi hirarki yaitu kelas perairan dangkal menjadi batasan area kajian dan diproses menjadi segmen baru untuk klasifikasi pada level 2 (zona geomorfologi).

3.1.2 Klasifikasi Level 2 (Zona Geomorfologi)

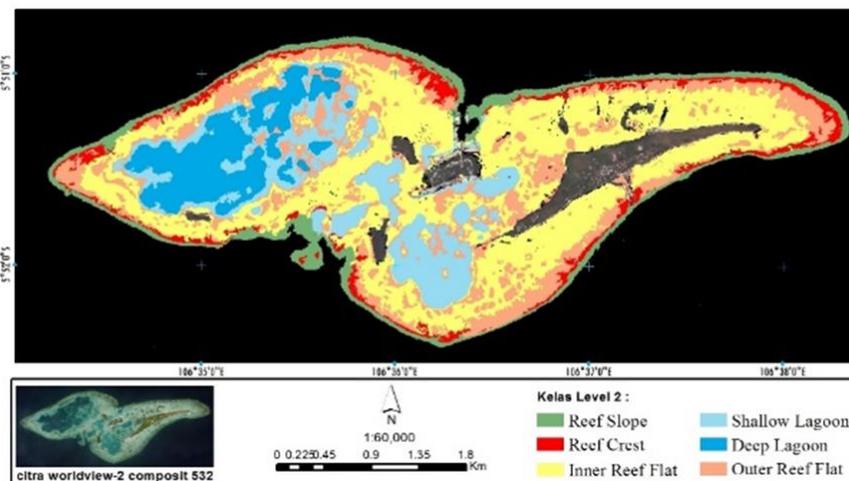
Kelas zona geomorfologi dihasilkan dari algoritma MRS dengan parameter *scale* = 100, *shapes* = 0,1, *compactness* =

0,9. Segmentasi ini menghasilkan obyek sebanyak 28.425 segmen untuk klasifikasi level 2. Klasifikasi level 2 menghasilkan 6 kelas zona geomorfologi meliputi *reef slope*, *reef crest*, *inner reef flat*, *outer reef flat*, *shallow lagoon*, dan *deep lagoon* (-2).

Hasil uji akurasi menunjukkan akurasi keseluruhan/OA sebesar 87%, sedangkan PA dan UA dihasilkan akurasi yang bervariasi antara 73%-100%. UA terendah pada kelas *reef crest* sebesar 73% menunjukkan bahwa pada kelas ini menjadi batas antara kelas *outer reef flat* dan *reef slope*. Hasil uji akurasi pada kelas lainnya menunjukkan bahwa kelas tersebut mampu dipetakan dengan baik dengan akurasi >80%.

Hasil pemetaan zona geomorfologi di gugus Pulau Pari cukup bervariasi dan telah terpetakan dengan baik. Dari hasil klasifikasi zona geomorfologi diperoleh luas area masing-masing adalah: zona *inner reef flat*, 421,6 Ha (41%); zona *outer reef flat*, 232,4 Ha (23%); zona *reef slope*, 101,3 Ha (10%); zona *reef crest*, 58,6 Ha (6%); zona *shallow lagoon*, 108,4 Ha (11%); dan zona *deep lagoon*, 107,7 Ha (10%).

Dengan demikian, hasil pemetaan menunjukkan bahwa zona *inner reef flat* mendominasi di perairan dangkal gugus Pulau Pari dengan luasan terbesar, sedangkan luasan terendah berada pada zona *reef crest*.



Gambar 3-2: Hasil klasifikasi level 2

Masing-masing zona geomorfologi memiliki karakteristik tersendiri yang dipengaruhi oleh faktor fisik perairan tersebut seperti gelombang dan arus sehingga membentuk zona tertentu. Terdapat asosiasi antara zona geomorfologi dan struktur komunitas habitat tertentu pada lingkungan terumbu karang (Andrefouet dan Guzman, 2005). Asosiasi tersebut dinyatakan dengan menetapkan level dua (kelas zona geomorfologi tertentu) menjadi batasan dalam proses segmentasi dan klasifikasi pada level tiga (kelas habitat bentik).

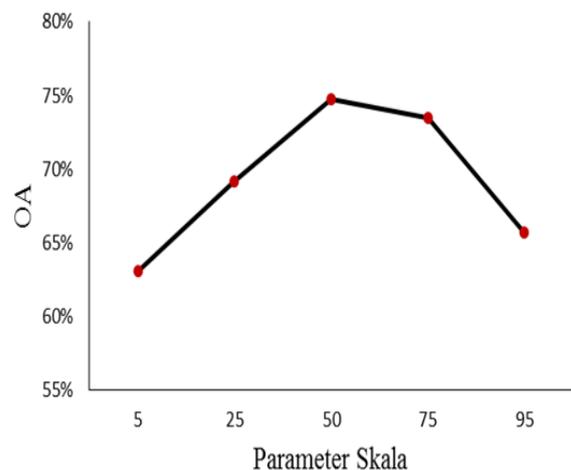
3.1.3 Klasifikasi Level 3 (Habitat Bentik) Optimasi Parameter Skala Segmentasi

Hasil optimasi pada level 3 menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 75% pada percobaan skala 50. Terlihat pada Gambar 3-4 dari percobaan parameter skala 5 sampai 50 cenderung meningkat dan optimum pada skala 50, selanjutnya akurasi menurun pada percobaan nilai skala 75 dan 95 (Gambar 3-3).

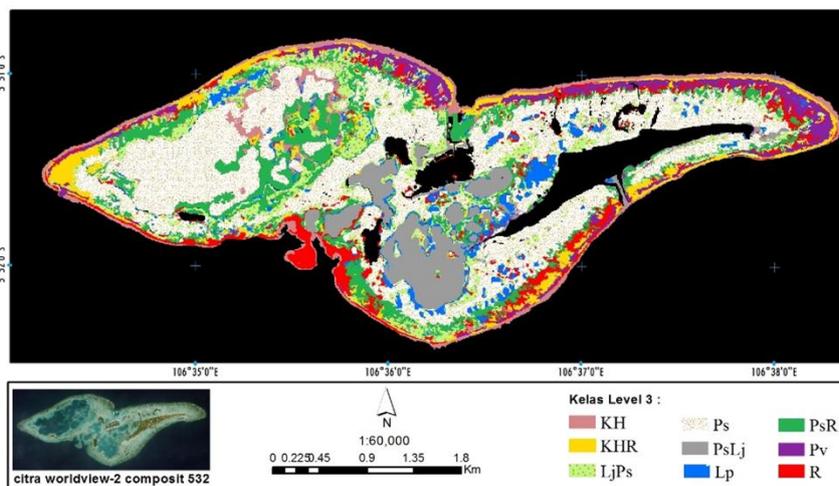
Optimasi parameter skala pada metode OBIA menunjukkan bahwa pengujian terhadap skala sangat mempengaruhi hasil akurasi. Penelitian ini hanya dilakukan percobaan nilai skala pada algoritma MRS dan diklasifikasi menggunakan algoritma SVM.

Studi yang lebih mendalam perlu dilakukan pengujian parameter dari

metode SVM terhadap parameter segmentasi untuk memperoleh akurasi optimum. (Blaschke, 2010) menyatakan bahwa skala observasi optimum untuk obyek citra tertentu tergantung pada dua hal yaitu: 1) heterogenitas spasial bentang lahan itu sendiri; 2) frekuensi dan luasan spasial maupun temporal dari fenomena yang dikaji serta proses penyebabnya. Segmentasi optimum pada level tiga menghasilkan 87.267 segmen. Klasifikasi terhadap segmen dihasilkan 9 kelas habitat bentik yaitu kelas karang hidup (KH), karang hidup + rubble (KHR), lamun jarang + pasir (LjP), lamun padat (Lp), pasir + rubble (PsR), pasir (Ps), pasir + lamun jarang (PsLj), pavement/rock (Pv), dan rubble (R) (Gambar 3-4).



Gambar 3-3: Optimasi parameter skala (perubahan skala pada sumbu x dan hasil akurasi keseluruhan (OA) pada sumbu y)



Gambar 3-4: Hasil klasifikasi level 3

Dari Gambar 3-4 diperoleh luas area dari 9 kelas habitat bentik yaitu: kelas karang hidup, 73,4 Ha (7%); karang hidup + rubble, 78,2 (7%); lamun jarang + pasir, 132,2 Ha (12%); lamun padat, 57,8 Ha (5%); pasir + rubble, 145 Ha (13%); pasir, 389 Ha (36%); pasir + lamun jarang, 96,3 Ha (9%); pavement/rock, 60,5 Ha (6%); dan rubble, 78,2 Ha (7%). Peta klasifikasi habitat bentik pada Gambar 3-4 memperhatikan bahwa habitat bentik terdistribusi di perairan dangkal gugus Pulau Pari. Distribusi kelas karang hidup (KH) dan pavement (Pv) mendominasi di zona geomorfologi kelas reef slope. Kelas rubble (R) mendominasi pada zona geomorfologi kelas reef crest, sedangkan habitat bentik kelas pasir, lamun, dan campuran tersebar di zona geomorfologi kelas reef flat dan sekitar lagoon. Dari hasil klasifikasi ini terdapat asosiasi yang erat antara zona geomorfologi dengan keberadaan habitat bentik tertentu, sehingga penelitian ini menerapkan klasifikasi multiskala (reef level, geomorphic zone, dan habitat benthic). (Phinn, et al., 2011) melakukan penelitian geomorfologi dan ekologi wilayah terumbu karang yang dibagi menjadi tiga level yaitu reef level, geomorphic zones, benthic community zones. Selanjutnya (Roelfsema, et al., 2013) membagi klasifikasi berdasarkan

hubungan antar kelas secara hirarki menjadi empat level yaitu reef, reef type, geomorphic, dan benthic community. Penggunaan metode OBIA ini sangat memungkinkan untuk diterapkan berdasarkan prinsip-prinsip ekologi dan zona geomorfologi yang dikombinasikan dengan pengamatan lapangan.

Hasil uji akurasi dengan matrik kesalahan diperoleh akurasi keseluruhan sebesar 75% (Tabel 3-1) dan nilai kappa sebesar 0,7. Untuk PA dan UA dihasilkan akurasi antara 44%-100% dan dapat dilihat bahwa beberapa kelas habitat bentik dapat dipetakan dengan baik. Kelas habitat bentik yang belum dapat dipetakan secara baik diperoleh akurasi yang rendah masing-masing yaitu kelas KHR (37%), LjPs (47%), dan R (48%). Faktor yang mempengaruhi rendahnya akurasi disebabkan kompleksitas habitat yang sangat tinggi di wilayah kajian. Faktor lainnya adalah disebabkan kesepadanan antara akurasi GPS dengan resolusi spasial citra.

Pemetaan habitat bentik di gugus Pulau Pari telah banyak dilakukan dengan metode klasifikasi dan hasil akurasi yang berbeda-beda. Klasifikasi yang umum digunakan selama ini adalah metode klasifikasi berbasis piksel, sedangkan metode klasifikasi berbasis obyek belum pernah dilakukan pada wilayah ini.

Tabel 3-1: Uji akurasi level 3

Lapang Citra	No	KH 1	KHR 2	LjPs 3	Lp 4	Ps 5	PsLj 6	PsR 7	Pv 8	R 9	Total	UA
KH	1	39							1		40	98%
KHR	2	4	7		2				2	3	18	39%
LjPs	3		1	7	3	1				3	15	47%
Lp	4		2		24					2	28	86%
Ps	5			1		50	4	1			56	89%
PsLj	6						7				7	100%
PsR	7					1	5	10		1	17	59%
Pv	8		4	1	1				16	2	24	67%
R	9	2	1	2	4			4		12	25	48%
Total		45	15	11	34	52	16	15	19	23	230	
PA		87%	47%	64%	71%	96%	44%	67%	84%	52%		75%

(Siregar, *et al.*, 2013) memetakan habitat dasar dan estimasi ikan terumbu dengan citra worldview-2 menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel (MLC) dari enam kelas habitat bentik menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 78%. (Helmi, *et al.*, 2012) menganalisis respon dan nilai spektral terumbu karang pada citra ALOS-AVNIR di gugus Pulau Pari dengan transformasi HSI dan Lyzenga menggunakan metode klasifikasi *unsupervised* dan menghasilkan akurasi keseluruhan masing-masing sebesar 88.1% dan 77.3%. (Selamat, *et al.*, 2014) melakukan klasifikasi dengan pendekatan zona geomorfologi untuk meningkatkan akurasi tematik peta substrat yang dihasilkan dari metode koreksi kolom air di gobah Karang Lebar dan hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi ini cukup akurat untuk dijadikan dasar pada pembuatan peta substrat dasar di perairan gobah dengan hasil akurasi peta zona geomorfologi dan substrat dasar di gobah Karang Lebar masing-masing bernilai sebesar 82.1% dan 68.8%. Menurut (Green, *et al.*, 2000) bahwa akurasi pemetaan habitat bentik yang dapat digunakan adalah dengan akurasi keseluruhan sebesar >60%. Munculnya perbedaan akurasi pemetaan dari beberapa penelitian di gugus Pulau Pari disebabkan oleh perbedaan metode klasifikasi, jumlah titik pengamatan lapangan, jumlah kelas habitat bentik dan citra yang digunakan. Hasil akurasi keseluruhan pada penelitian ini sebesar 75% dari 9 kelas habitat bentik dan menunjukkan bahwa peta hasil klasifikasi ini dapat digunakan.

Metode klasifikasi OBIA dapat menjadi pilihan saat ini untuk pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik. Keunggulan dari metode OBIA yaitu dapat menghubungkan antara aspek spektral dan spasial citra secara bersamaan sehingga menjadi kelas-kelas tertentu. Kelas-kelas yang diklasifikasi dengan menghubungkan dua aspek di atas diterapkan dengan hubungan antar

obyek. (Phinn, *et al.*, 2011) melakukan pemetaan komunitas bentik menghasilkan akurasi keseluruhan sebesar 78% di wilayah Heron, 52% di wilayah Ngderack, dan 65% di wilayah Navakavu, sedangkan untuk pemetaan zona geomorfologi dihasilkan akurasi pemetaan sebesar >80%. (Roelfsema, *et al.*, 2013) melaporkan hasil akurasi menggunakan metode OBIA pada pemetaan zona geomorfologi diperoleh akurasi keseluruhan antara 76%-82% dan pemetaan habitat bentik diperoleh akurasi keseluruhan antara 52%-75%. (Zhang, *et al.*, 2013) melakukan pemetaan habitat bentik dengan metode OBIA algoritma *random forest classifier* (RF) pada citra *airborne visible/infrared imaging spectrometer* (AVIRIS) menghasilkan akurasi keseluruhan tertinggi sebesar 86.3% dari keseluruhan percobaan terhadap citra. Selaras dengan hasil penelitian ini yaitu diperoleh akurasi keseluruhan pada enam kelas zona geomorfologi dan 9 kelas habitat bentik masing-masing sebesar 87% dan 75%.

Umumnya metode klasifikasi yang diterapkan selama ini masih menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel yang hanya bertumpu pada aspek spektral saja. Perkembangan metode saat ini telah dapat menghubungkan antara aspek spektral dan spasial secara bersamaan yang menjadi keunggulan dari metode OBIA. Metode OBIA dapat menjadi pilihan saat ini dan menjadi dasar untuk pemetaan perairan dangkal di wilayah lainnya.

4 KESIMPULAN

Klasifikasi multiskala pada pemetaan level satu, level dua (zona geomorfologi) dan level tiga (habitat bentik) di gugus Pulau Pari telah mampu menghasilkan akurasi keseluruhan masing-masing sebesar 97%, 87%, dan 75% (optimasi parameter skala). Penggunaan klasifikasi multiskala pada tiga level dan percobaan parameter skala dapat menghasilkan akurasi optimum untuk pemetaan habitat bentik. Optimasi

pada pemetaan habitat bentik dihasilkan akurasi tertinggi sebesar 75% pada percobaan skala 50 dengan kappa 0,7. Penggunaan klasifikasi multiskala dengan optimasi parameter skala pada pemetaan zona geomorfologi dan habitat bentik menggunakan metode OBIA terbukti mampu meningkatkan akurasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, DEA dan Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si. yang membantu penulis dalam penyediaan data citra, pengerjaan data, dan tim lapangan serta Tim Redaksi Jurnal Penginderaan Jauh dan Mitra Bestari.

DAFTAR RUJUKAN

Andrefouet, S., Guzman HM, 2005. *Coral Reef Distribution, Status and Geomorphology-Biodiversity Relationship in Kuna Yala (San Blas) Archipelago*, caribbean panama, *Coral Reefs*, 24: 31-42.

Andréfouët, S., Kramer P., Torres-Pulliza D., Joyce KE, Hochberg EJ, Garza-Pérez R, Mumby PJ, Riegl B, Yamano H, White WH, 2003. *Multi-Site Evaluation of Ikonos Data for Classification of Tropical Coral Reef Environments*. *Remote Sens Environ* 88: 128-143.

Baatz, M., dan Schäpe A., 2000. *Multiresolution Segmentation: an Optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentation*. *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*: 12-23.

Blaschke, T., 2010. *Object Based Image Analysis for Remote Sensing*. *Isprs J Photogram* 65: 2-16.

Blaschke, T., Hay GJ, 2001. *Object-Oriented Image Analysis and Scale-Space: Theory and Methods for Modeling and Evaluating Multiscale Landscape Structure*. *Isprs A Photogram* 34: 22-29.

Burnett, C., Blaschke T., 2003. *A Multi-Scale Segmentation/Object Relationship Modelling Methodology for Landscape Analysis*. *Ecol Model* 168: 233-249.

Congalton, RG, Green K., 2009. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data—Principles and Practices (second edition)*. Taylor & Francis Group, LLC.

Danoedoro, P., 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta (ID) : ANDI.

Digitalglobe, 2010. *Radiometric use of Worldview-2 Imagery: Technical Note*. 1601 Dry Creek Drive Suite 260 Longmont, Colorado, USA, 80503 DigitalGlobe®.

eCognition, 2014. *Ecognition Developer : User Guide*. Munich, Germany Trimble.

English, SA, Baker VJ, Wilkinson CR, 1994. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*, Australian Institute of Marine Science.

Exelisvis, 2015. *Atmospheric correction module; Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Hypercubes (Flaash) Exelisvis*. Cite in http://www.harrisgeospatial.com/portals/0/pdfs/envi/Flaash_Module.pdf [accessed 21 March 2015].

Green, EP, Mumby PJ, Edwards AJ, Clark CD, 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*: 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-Avni di Perairan Gugus Pulau Pari*. *Buletin Oseanografi Marina*. Vol.1 120-136.

Kohler, KE, Gill SM, 2006. *Coral Point Count with Excel Extensions (Cpce): a Visual Basic Program for the Determination of Coral and Substrate Coverage Using Random Point Count Methodology*. *Comput Geosci* 32: 1259-1269.

Kondraju, TT, Mandla VRB, Mahendra RS, Kumar TS, 2013. *Evaluation of Various Image Classification Techniques on Landsat to Identify Coral Reefs*. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 5: 173-184.

Lyzenga, DR, 1981. *Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data*. *Int J Remote Sens* 2: 71-82.

Mumby, PJ, Green EP, Edwards AJ, Clark CD, 1999. *The Cost-Effectiveness of Remote*

- Sensing for Tropical Coastal Resources Assessment and Management.* J Environ Manage 55: 157-166.
- Navulur, K., 2007. *Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm.* Taylor & Francis Group, LLC.
- Phinn, SR, Roelfsema CM, Mumby PJ, 2011. *Multi-Scale, Object-Based Image Analysis for Mapping Geomorphic and Ecological Zones on Coral Reefs.* Int J Remote Sens 33: 3768-3797.
- Roelfsema, C., Phinn S., 2008. *Evaluating Eight Field and Remote Sensing Approaches for Mapping the Benthos of Three Different Coral Reef Environments in Fiji.* Proc. of SPIE. Vol. 71500 71500F-1.
- Roelfsema, C., Phinn S., Jupiter S., Comley J., Albert S., 2013. *Mapping Coral Reefs at Reef to Reef-System Scales, 10s-1000s km², using object-based image analysis.* Int J Remote Sens 34: 6367-6388.
- Selamat, MB, Jaya I., Siregar VP, Hestirianto T., 2014. *Geomorphology Zonation and Column Correction for Bottom Substrat Mapping Using Quickbird Image.* Jurnal Itkt 2.
- Siregar, V., 2010. *Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quick Bird.* E-Jurnal Itkt 2: 19-30.
- Siregar, V., Wouthuyzen S., Sunuddin A., Anggoro A., Mustika AA, 2013. *Pemetaan Habitat Dasar dan Estimasi Stok Ikan Terumbu dengan Citra Satelit Resolusi Tinggi.* E-Jurnal Itkt Vol. 5: Hlm. 453-463.
- Zhang, C., Selch D., Xie Z., Roberts C., Cooper H., Chen G., 2013. *Object-Based Benthic Habitat Mapping in the Florida Keys from Hyperspectral Imagery.* Estuar Coast Shelf S 134: 88-97.

MODEL KOREKSI ATMOSFER CITRA LANDSAT-7 (ATMOSPHERIC CORRECTION MODELS OF LANDSAT-7 IMAGERY)

Fadila Muchsin^{1*)}, Liana Fibriawati^{)}, Kuncoro Adhi Pradhono^{***)}**

***) **) Peneliti Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh**

*****) Perekayasa Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh**

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

¹e-mail: fadila.muchsin@lapan.go.id

Diterima 07 April 2017; Direvisi 12 Desember 2017; Disetujui 13 Desember 2017

ABSTRACT

Three methods of atmospheric correction, Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum (6S), Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) and the model Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH), have been applied to the level 1T Landsat-7 image Jakarta area. The atmospheric corrected image is then compared with the TOA reflectance image. The results show that there is an improvement of the spectral pattern on the TOA reflectance image by the decrease of the reflectance value of each object by (1 - 11) % after the atmospheric correction of all models for visible bands (blue, green and red). In the NIR and SWIR bands there is an increase in the spectral value of about 1% to the TOA reflectance on all objects except wetland for the LEDAPS model. The percentage of the increase and the decrease in spectral values of 6S and FLAASH models have the same tendency. Analyzes were also performed on the NDVI values of each model, where NDVI values were relatively higher after atmospheric correction. The NDVI value of rice crop on FLAASH model is the same as 6S model that is equal to 0.95 and for wetland, it has the same value between FLAASH model and LEDAPS which is 0.23. NDVI value of entire scene for FLAASH model = 0.63, LEDAPS model = 0.56 and 6S model = 0.66. Before the atmospheric correction, the TOA is 0.45.

Keywords: *atmospheric correction, FLAASH, 6S, LEDAPS, spectral profile, NDVI*

ABSTRAK

Tiga metode koreksi atmosfer diantaranya *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum* (6S), *Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System* (LEDAPS) dan model *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (FLAASH) telah diterapkan pada citra Landsat-7 level 1T wilayah Jakarta. Citra yang telah terkoreksi atmosfer dibandingkan dengan citra reflektan TOA. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat perbaikan pola spektral pada citra reflektan TOA dengan adanya penurunan nilai reflektan setiap obyek sebesar (1 – 11) % setelah dilakukan koreksi atmosfer pada semua model untuk kanal-kanal *visible* (*blue*, *green* dan *red*). Pada kanal NIR dan SWIR terjadi kenaikan nilai spektral yaitu sekitar 1% terhadap reflektan TOA pada semua objek terkecuali objek lahan basah untuk model LEDAPS. Persentase kenaikan dan penurunan nilai spektral model 6S dan FLAASH memiliki kecenderungan yang sama. Analisis juga dilakukan terhadap nilai NDVI masing-masing model, dimana nilai NDVI relatif lebih tinggi setelah koreksi atmosfer. Nilai NDVI tanaman padi pada model FLAASH sama dengan model 6S yaitu sebesar 0.95 dan untuk lahan basah memiliki nilai yang sama antara model FLAASH dan LEDAPS yaitu 0.23. Nilai NDVI seluruh scene untuk model FLAASH = 0.63, model LEDAPS = 0.56 dan model 6S = 0.66. Sebelum koreksi atmosfer (TOA) adalah 0.45.

Kata kunci: *koreksi atmosfer, FLAASH, 6S, LEDAPS, pola spektral, NDVI*

1 PENDAHULUAN

Lebih dari 40 tahun program Landsat telah menyediakan data dan informasi sumberdaya alam di seluruh permukaan bumi untuk pengguna di berbagai sektor seperti agrobisnis, penelitian untuk pemantauan global, pemerintahan, swasta, militer, komersial dan komunitas internasional (NASA, 2016). Data Landsat-7 mulai direkam oleh stasiun bumi LAPAN Parepare sejak tahun 2000 dan saat ini dapat diunduh secara gratis melalui website LAPAN (www.lapan.go.id).

Citra Landsat-7 banyak digunakan untuk memperoleh informasi permukaan bumi karena memiliki kemampuan spektral yang cukup baik untuk mengenali dan membedakan berbagai objek. Informasi tersebut dapat berupa informasi penutup/penggunaan lahan, reflektansi permukaan, indeks vegetasi (NDVI), albedo, dan sebagainya. Citra Landsat-7 memiliki enam kanal atau band multispektral yaitu *blue* (0,45 – 0,52) μm , *green* (0,52 – 0,60) μm , *red* (0,63 – 0,69) μm , NIR (0,77 – 0,90) μm , SWIR1 (1,55 – 1,75) μm dan SWIR2 (2,09 – 2,35) μm serta pankromatik (0,52 – 0,90) μm . Masing-masing kanal multispektral memiliki resolusi spasial

30 meter dan kanal pankromatik adalah 15 meter. Analisis kuantitatif untuk memperoleh informasi permukaan bumi biasanya menggunakan keunggulan dari kanal spektral tersebut.

Informasi yang langsung diturunkan dari kanal/*band* spektral tersebut masih bercampur dengan unsur-unsur dan molekul di atmosfer sehingga mempengaruhi akurasi informasi tersebut khususnya menggunakan band biru, hijau, merah, dan inframerah dekat. Unsur-unsur dan molekul yang sangat mempengaruhi adalah aerosol dan uap air (Kaufman, Y.J., *et al.*, 1997). Koreksi atmosfer dilakukan untuk menghilangkan pengaruh tersebut agar nilai radian atau pantulan sesuai atau mendekati nilai yang sebenarnya. Hasil dari koreksi atmosfer disebut produk *surface reflectance* (Vermote, E.F., *et al.*, 2002).

Terdapat dua kelompok besar koreksi atmosfer yaitu koreksi absolut dan relatif. Model absolut merupakan model koreksi atmosfer yang menggunakan parameter atmosfer seperti aerosol, uap air, ozon dan gas lainnya dari hasil pengukuran lapangan. Model ini memiliki akurasi cukup baik dibandingkan model relatif karena

parameter atmosfer langsung diperoleh dari lapangan dan mewakili kondisi atmosfer yang sesungguhnya. Namun dalam penerapannya sulit untuk memperoleh parameter atmosfer hasil pengukuran lapangan khususnya untuk data-data yang bersifat historis. Model relatif merupakan model koreksi atmosfer yang menggunakan citra yang memiliki kondisi atmosfer cukup baik atau citra yang bebas awan sebagai referensi untuk melakukan koreksi atmosfer. Model ini mudah diterapkan karena tidak membutuhkan pengukuran lapangan akan tetapi membutuhkan target berupa obyek yang relatif tidak pernah berubah (*Invariant Features*). Obyek-obyek tersebut sulit diperoleh di wilayah Indonesia, dimana dinamika perubahan lahan cukup besar terjadi. Model koreksi atmosfer yang termasuk model absolut antara lain 6S, FLAASH dan LEDAPS. Sedangkan model koreksi atmosfer yang termasuk model relatif adalah *Pseudo Invariant Features* (PIFs) dan *Radiometric Control Sets* (RCS) (Mahiny, A.S dan Turner, B.J, 2007). Penelitian ini menggunakan model absolut yaitu model 6S, FLAASH, dan LEDAPS yang diterapkan pada citra Landsat-7.

Model 6S merupakan model *radiative transfer code* yang dirancang untuk melakukan simulasi pantulan radiasi matahari melalui kombinasi antara permukaan lapisan atmosfer, kondisi spektral dan geometri obyek (Vermote, E.F, et al., 1997). Model ini menggunakan informasi reflektansi permukaan dan kondisi atmosfer pada waktu perekaman. Parameter yang diperlukan untuk menjalankan model 6S adalah *Aerosol Optical Depth* (AOD) yang dapat diwakili dengan data *visibility* yang diperoleh dari stasiun meterologi setempat, uap air, ozon, informasi rata-rata ketinggian permukaan dan parameter-parameter lainnya seperti jenis sensor satelit, sudut *zenith* dan *azimuth*, tanggal akuisisi dan koordinat

center citra (*scene center*) yang dapat diperoleh dari file metadata citra.

Model FLAASH juga termasuk *model radiative transfer code* yang didasari pada model Modtran4 (ENVI, 2009). Modtran4 dapat menurunkan informasi uap air dan aerosol langsung dari citra menggunakan sudut pandang sensor, sudut elevasi dan rata-rata ketinggian permukaan. Parameter lainnya seperti *visibility* dapat diturunkan langsung dari citra. Modtran4 telah memasukan perhitungan *adjacency effect* untuk memperbaiki nilai reflektan akibat pengaruh pantulan obyek disekitarnya (Mathew, M.W, et al., 2003).

Model LEDAPS merupakan sistem pengolahan data secara otomatis untuk menghasilkan produk *surface reflectance* yang telah terkoreksi atmosfer yang didasari pada Model 6S (Vermote, E. and Saleous, N, 2007). Sistem LEDAPS hanya dapat dijalankan untuk citra Landsat-5 dan Landsat-7. Data-data pendukung (*ancillary data*) seperti konsentrasi ozon diperoleh dari data *Total Ozone Mapping Spectrometer* (TOMS) dan kolom uap air dari data NOAA *National Center of Enviromental Prediction* (NCEP). Parameter aerosol (AOT) diperoleh langsung dari citra menggunakan metode *dark dense vegetation* (DDV) (Schmidt, G, et al., 2013).

Data Landsat-7 hasil perekaman stasiun bumi LAPAN Parepare berupa data level 1T (*precision terrain-corrected product*) telah terkoreksi geometrik presisi dan radiometrik sistematis. Produk turunan dari data level 1T saat ini masih berupa citra reflektan TOA dan belum terkoreksi atmosfer.

Penelitian ini bertujuan menerapkan model koreksi atmosfer yaitu 6S, FLAASH, dan LEDAPS pada data Landsat-7 level 1T dan membandingkan dengan citra reflektan TOA berdasarkan respon spektral obyek dan nilai NDVI.

2 METODOLOGI

2.1 Data

Penelitian ini menggunakan data Landsat-7 level 1T wilayah Jakarta dan sekitarnya Path/Raw 122/064 tanggal 17 September 2001 hasil perekaman stasiun bumi penginderaan jauh LAPAN Parepare dengan liputan awan $\leq 1\%$. Penelitian ini menggunakan data tahun 2001 karena data Landsat-7 setelah bulan Mei tahun 2003 mengalami gangguan berupa *scan line corrector-off (SLC-off)* sehingga informasi yang dihasilkan menjadi tidak utuh. Koreksi atmosfer dan kalibrasi radiometri memerlukan informasi parameter sensor yang dapat diperoleh dari metadata citra serta nilai radian dari citra. Informasi metadata citra ditunjukkan pada Tabel 2-1.

2.2 Metode Koreksi Atmosfer

2.2.1 Kalibrasi radiometri

Sebelum melakukan koreksi atmosfer, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi menggunakan parameter pada Tabel 2-1. Kalibrasi radiometri dilakukan dengan cara mengkonversi nilai digital (DN) ke radian untuk setiap kanal multispektral dari citra Landsat-7 menggunakan formula (Chander, G., et al., 2009):

$$L_{\lambda} = G_{rescale} \times Q_{cal} + B_{rescale} \quad (2-1)$$

$$G_{rescale} = (LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min})$$

$$B_{rescale} = LMIN_{\lambda} - ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min})) \times Q_{cal\ min}$$

Keterangan:

L_{λ} = nilai radian pada sensor untuk setiap λ [$W/(m^2\ sr\ \mu m)$]

Q_{cal} = nilai digital (DN)

$Q_{cal\ min}$ = nilai digital minimum

$Q_{cal\ max}$ = nilai digital maksimum

$LMIN_{\lambda}$ = nilai radian minimum pada sensor untuk masing-masing λ [$W/(m^2\ sr\ \mu m)$]

$LMAX_{\lambda}$ = nilai radian maksimum pada sensor untuk masing-masing λ [$W/(m^2\ sr\ \mu m)$]

2.2.2 Top of atmosphere (TOA)

Setelah kalibrasi radiometri dilakukan konversi citra radian menjadi reflektan *Top of Atmosphere* (TOA). Tujuan utamanya adalah memperbaiki perbedaan nilai pantulan akibat perbedaan jarak bumi – matahari pada setiap tanggal perekaman. Perbedaan ini dapat menjadi signifikan karena perbedaan kondisi geografis dan waktu perekaman citra. Reflektan TOA belum memperhitungkan pengaruh kondisi atmosfer pada citra. Perhitungan nilai reflektansi TOA dilakukan menggunakan persamaan:

$$\rho_{TOA_{\lambda}} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta_s} \quad (2-2)$$

Tabel 2-1: INFORMASI PARAMETER SENSOR

Citra Satelit	Sudut Azimuth	Sudut Elevasi	Sudut Zenith (90 – elevasi)	Kanal/Band	$Q_{cal\ min}$	$Q_{cal\ max}$	$LMIN_{\lambda}$	$LMAX_{\lambda}$
Landsat-7 P/R (122/064) 17 September 2001	75.42°	59.65°	30.35°	(blue)	1	255	-6.200	191.600
				(green)	1	255	-6.400	196.500
				(red)	1	255	-5.000	152.900
				(NIR)	1	255	-5.100	241.100
				(SWIR1)	1	255	-1.000	31.060
				(SWIR2)	1	255	-0.350	10.800

Keterangan:

- $\rho_{TOA\lambda}$ = reflektan TOA untuk setiap λ
- π = 3.14159
- L_{λ} = nilai radian pada sensor untuk masing-masing λ [W/(m² sr μ m)]
- d = jarak bumi-matahari (*astronomical units*)
- $ESUN_{\lambda}$ = Mean exoatmospheric solar irradiance [W/(m² μ m)]
- θ_s = sudut zenith matahari (derajat) = (90° - sudut elevasi matahari)
Nilai iradian dan jarak bumi – matahari diperoleh diperoleh dari Tabel 6 (Chander, G., et al., 2009). Sudut elevasi matahari diperoleh dari file metadata.

Reflektan TOA digunakan sebagai input untuk koreksi atmosfer model 6S, FLAASH, dan LEDAPS.

2.2.3 Model FLAASH

Pada model FLAASH, radian yang diterima oleh sensor dimodelkan kembali dengan menambahkan faktor-faktor yang mempengaruhi radian/ reflektan yang diterima sensor seperti albedo, pantulan obyek disekitarnya (*adjacency effect*), dan radian yang dihamburkan oleh atmosfer dengan mengasumsikan bahwa permukaan obyek adalah uniform dan Lambertian) (Envi, 2009):

$$L_{\lambda} = \left(\frac{A\rho_{\lambda}}{1 - \rho_{\lambda}eS} \right) + \left(\frac{B\rho_{\lambda}e}{1 - \rho_{\lambda}eS} \right) + La \tag{2-3}$$

Keterangan:

- L_{λ} = nilai radian yang diterima sensor untuk setiap λ
- ρ_{λ} =reflektansi permukaan (*surface reflectance*) untuk setiap λ
- pe =rata-rata nilai pantulan piksel dan piksel-piksel di sekitarnya
- S =nilai albedo
- La =nilai radian yang dihamburkan oleh atmosfer
- A dan B =nilai koefisien yang bergantung pada kondisi atmosfer dan kondisi geometri

Setiap variabel pada persamaan di atas tergantung pada kanal spektral yang digunakan. Nilai A, B, S, dan La diperoleh dari perhitungan MODTRAN4 yang menggunakan sudut pandang sensor dan sudut matahari serta rata-rata ketinggian permukaan yang dapat diperoleh dari file metadata citra dan rata-rata ketinggian dapat berasal dari data *Digital Elevation Model* (DEM). Berdasarkan data-data tersebut juga dapat diturunkan model atmosfer tertentu, model aerosol, dan nilai *visibility*.

2.2.4 Model 6S

Model 6S memprediksi nilai pantulan obyek pada lapisan puncak atmosfer ($\rho_{TOA\lambda}$) menggunakan informasi reflektansi permukaan (ρ_{λ}) dan kondisi atmosfer pada waktu perekaman. Estimasi reflektansi permukaan (ρ_{λ}) atau citra terkoreksi atmosfer diperoleh menggunakan formula (Mahiny, AS., Turner, B.J., 2007):

$$\rho_{\lambda} = [(A\rho_{TOA\lambda} + B) / (1 + \gamma (A\rho_{TOA\lambda} + B))] \tag{2-4}$$

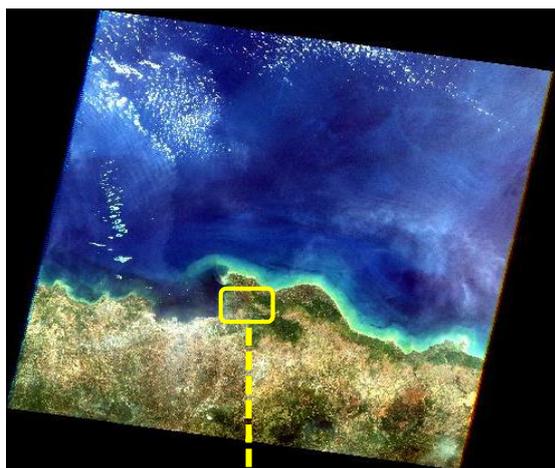
dimana $A = 1/\alpha\beta$, $B = -\rho_{TOA}/\beta$, α adalah transmisi gas global, β adalah total transmisi hamburan di atmosfer dan γ adalah *spherical albedo*. *Alpha*, *beta*, dan *gamma* diperoleh dengan menjalankan model 6S menggunakan modul 6SV versi 4.1 secara *online* dari website 6s.ltdri.org. Parameter yang diperlukan untuk menjalankan model 6S adalah *visibility* yang diperoleh dari stasiun meterologi setempat dan parameter-parameter sensor yang diperoleh dari metadata citra Landsat diantaranya jenis sensor satelit, sudut *zenith* dan *azimuth*, tanggal akuisisi dan koordinat *center* citra (*scene center*).

2.2.5 LEDAPS

Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) merupakan sistem pengolahan citra satelit secara otomatis yang dikembangkan oleh

NASA untuk melakukan koreksi atmosfer citra Landsat-5 dan Landsat-7. Sistem LEDAPS didasari pada model 6S, namun parameter atmosfer seperti aerosol diturunkan langsung dari citra dan parameter uap air dan ozon diperoleh dari data-data pengukuran satelit meteorologi. Parameter aerosol (AOT) diperoleh langsung dari citra menggunakan metode *Dark Dense Vegetation* (DDV). Konsentrasi ozon diperoleh dari data *Total Ozone Mapping Spectrometer* (TOMS) dan kolom uap air dari data NOAA *National Center of Environmental Prediction* (NCEP). Pada sistem LEDAPS parameter atmosfer diatur pada model continental (Schmidt, G., *et al.*, 2013).

2.3 Respon Spektral Obyek



(a)



(b)

Gambar 2-1: (a) Citra Landsat-7 Wilayah Jakarta dan sekitarnya tanggal 17 September 2001, (b) area persawahan yang dianalisis

Analisis spektral obyek dilakukan pada areal sawah, dimana obyek vegetasi, lahan terbuka dan lahan basah cukup

homogen (Gambar 2-1). Sebelumnya dilakukan digitasi training sample tanaman padi, lahan kering dan lahan basah dan diperoleh 20 sampel untuk masing-masing obyek tersebut pada setiap model. Selanjutnya dihitung rata-rata nilai reflektan dan dibuat kurva pantulan setiap obyek.

2.4 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI merupakan indeks vegetasi yang umum digunakan untuk membedakan tingkat kehijauan tanaman berdasarkan nilai spektral kanal *visible* dan inframerah (Hadjimitsis, D.G, *et al.*, 2010). NDVI diturunkan menggunakan formula (Teillet, P.M, *et al.*, 2001):

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad (2-5)$$

dimana ρ adalah nilai reflektan obyek.

3 HASIL PEMBAHASAN

3.1 Hasil Koreksi Atmosfer

Koreksi atmosfer model FLAASH dan 6S menggunakan informasi citra dan parameter sensor (Tabel 2-1). Pada model FLAASH, pemilihan model parameter atmosfer menggunakan parameter standar yang disediakan pada modul FLAASH yaitu kolom uap air menggunakan standar wilayah tropis ($4,11 \text{ g/cm}^2$ dengan suhu udara permukaan 27°C) dan informasi aerosol yang dipilih adalah model maritim (representasi aerosol yang terdiri dari dua komponen yaitu aerosol dari laut dan wilayah rural). Pemilihan model maritim didasari pada karakteristik wilayah Indonesia pada umumnya yang merupakan benua maritim. Penelitian ini menggunakan nilai *initial visibility* (ENVI, 2009) yaitu 20 km (*moderate haze*) dengan asumsi kondisi cuaca pada seluruh *scene* cenderung *clear*, karena liputan awan pada citra adalah 1%. Penelitian ini tidak menggunakan nilai *visibility* stasiun meteorologi karena sulit diperoleh untuk data-data historis.

Model 6S juga dijalankan menggunakan model atmosfer standar wilayah tropis untuk kolom uap air dan parameter aerosol menggunakan model maritim. Pada model 6S nilai *visibility* yang digunakan adalah 20 km. Koreksi atmosfer model 6S memberikan hasil berupa koefisien x_a , x_b , dan x_c seperti disajikan pada Tabel 3-1. Koefisien tersebut kemudian dikalikan pada setiap band/kanal dari data Landsat 7.

Pada sistem LEDAPS parameter atmosfer yaitu ozon diperoleh secara langsung dari data TOMS dan kolom uap air diambil dari data NCEP pada saat proses pengolahan data. Nilai *aerosol optical depth* diturunkan langsung dari citra dan diproses secara otomatis sehingga diperoleh langsung citra terkoreksi atmosfer (*surface reflectance*) untuk kanal biru, hijau, merah, NIR dan SWIR.

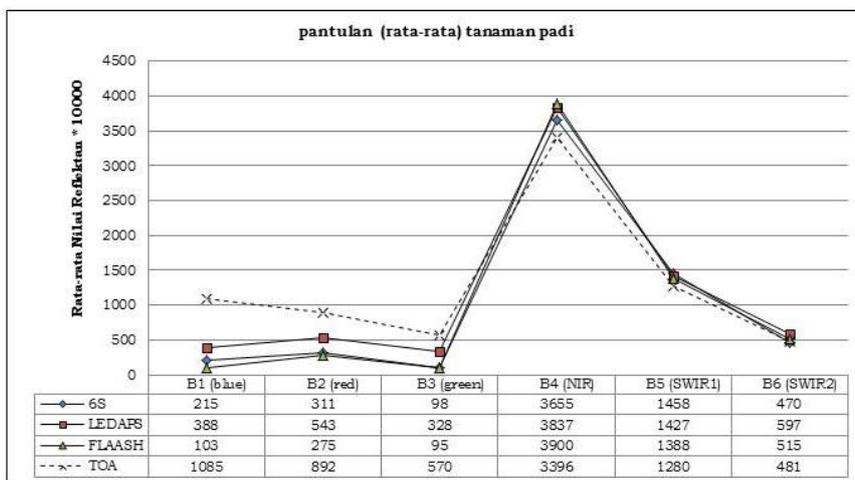
3.2 Respon Spektral Obyek

Analisis spektral obyek dilakukan pada areal sawah, dimana obyek vegetasi, lahan terbuka dan lahan basah cukup homogen. Untuk obyek tanaman padi (merupakan representasi dari obyek vegetasi) dan lahan kering serta lahan basah menunjukkan adanya penurunan respon spektral obyek setelah koreksi atmosfer terhadap reflektan TOA. Hal ini terjadi untuk semua model pada kanal biru (*blue*), hijau (*green*), merah (*red*), dan NIR terkecuali pada kanal SWIR hanya untuk model LEDAPS (Gambar 3-1a, 3-1b dan 3-1c).

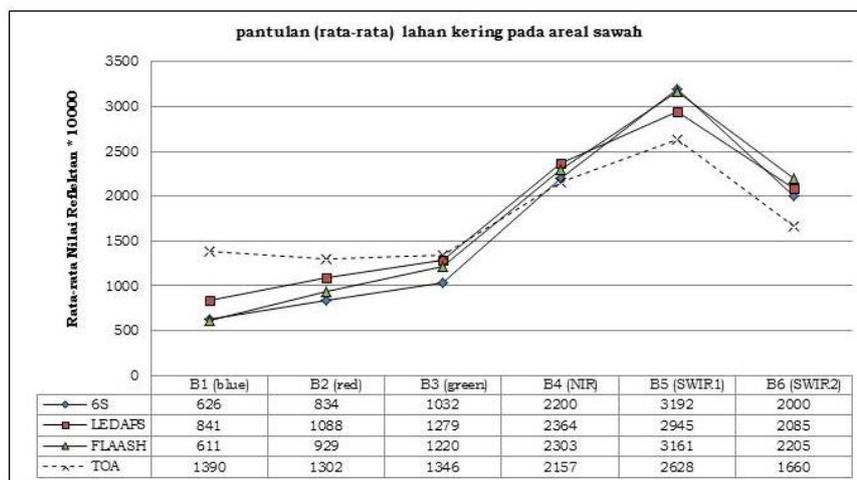
Penurunan respon spektral obyek terutama pada kanal-kanal *visible* menyebabkan pola spektral obyek sesuai dengan pola spektral yang sesungguhnya merujuk pada pola spektral obyek pada citra Landsat (NASA, 2016).

Tabel 3-1. KOEFISIEN KOREKSI ATMOSFER (MODEL 6S) UNTUK SETIAP BAND

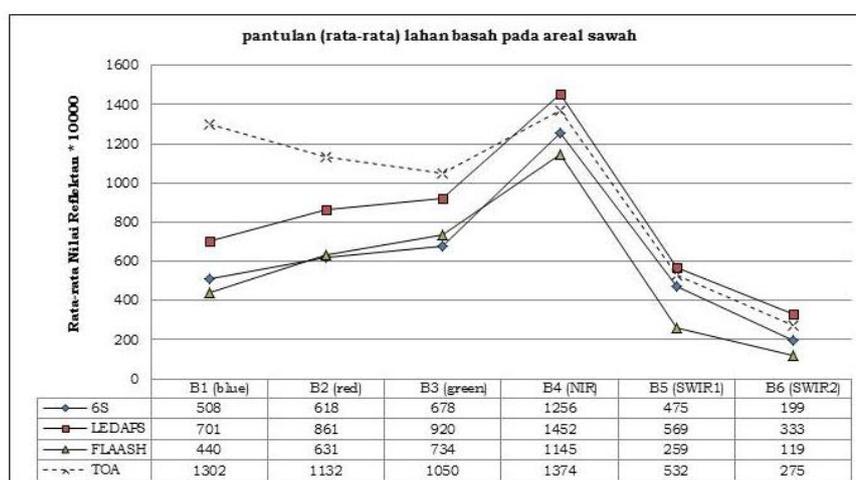
Band/kanal	Kofisien koreksi		
	x_a	x_b	x_c
Band 1 – <i>blue</i> /biru	0.00982	0.22203	0.15858
Band 2 – <i>green</i> /hijau	0.01030	0.13665	0.10872
Band 3 – <i>red</i> /merah	0.01088	0.08148	0.08037
Band 4 - NIR	0.01595	0.04734	0.05682
Band 5 - SWIR 1	0.07602	0.02062	0.03559
Band 7 - SWIR 2	0.21319	0.01644	0.03017



a)



d)



c)

Gambar 3-1: Pola pantulan reflektan TOA, model FLAASH, LEDAPS dan 6S kanal *visible*, NIR dan SWIR, pada areal persawahan: a) tanaman padi b) lahan kering c) lahan basah

3.3 Persentase Nilai Reflektan Setiap Model Terhadap Reflektan TOA

Persentase nilai reflektan model FLAASH, 6S, dan LEDAPS terhadap citra sebelum koreksi atmosfer (TOA) disajikan pada Tabel 3-2. Persentase penurunan nilai reflektan cukup tinggi terjadi pada kanal biru, hijau, dan merah untuk semua jenis obyek pada ketiga model koreksi. Model FLAASH dan 6S memiliki kecenderungan yang sama dibandingkan dengan LEDAPS baik untuk persentase kenaikan maupun penurunan nilai reflektan. Persentase terbesar terjadi untuk nilai reflektan tanaman padi pada model FLAASH yaitu menurun sebesar 11% diikuti model 6S yaitu 5% dan model LEDAPS sekitar 2.8% pada kanal biru.

Hal tersebut mengindikasikan bahwa gangguan atmosfer yang terdapat pada kanal *visible* telah terkoreksi menggunakan model-model tersebut.

Pada kanal NIR dan SWIR, terjadi kenaikan nilai reflektan dengan kisaran kurang lebih 1% untuk obyek vegetasi dan lahan kering pada semua model dan obyek lahan basah pada model LEDAPS. Sebaliknya pada model FLAASH dan 6S terjadi penurunan nilai reflektan dengan kisaran sekitar 1%.

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa gangguan atmosfer seperti aerosol dan uap air yang biasanya terjadi pada kanal-kanal *visible* (*blue*, *green* dan *red*) dan NIR dan berkurang pada kanal SWIR (Vermote, E.F, *et al.*, 1997) dapat

menaikkan nilai reflektan dan setelah koreksi atmosfer dapat menurunkannya. Namun pada penelitian ini hal tersebut tidak terjadi untuk kanal NIR dan SWIR untuk obyek tanaman padi dan lahan kering. Setelah koreksi atmosfer nilai reflektan cenderung naik pada kanal NIR dan SWIR terkecuali untuk lahan basah pada model LEDAPS. Kenaikan tersebut kemungkinan terjadi karena terdapat absorpsi atau penyerapan atmosfer oleh uap air yang cukup besar, sehingga koreksi atmosfer akan mengkompensasi absorpsi tersebut dengan memperkuat atau menaikkan nilai reflektan TOA (sebelum koreksi atmosfer). Absorpsi atmosfer oleh uap air adalah (0.5 – 3) % pada kanal *visible*, (3.5 – 14) % pada kanal NIR, (5 – 16) % pada kanal SWIR 1, dan (2.5 – 13) % pada kanal SWIR 1 (Vermote, E.F, *et al.*, 1997).

Terdapat kecenderungan persentase kenaikan dan penurunan

nilai reflektan yang sama pada model FLAASH dan 6S kemungkinan disebabkan karena kedua model tersebut menggunakan nilai *visibility* sebagai pengganti nilai aerosol (AOD) sedangkan model LEDAPS menggunakan informasi AOD langsung dari citra.

3.4 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Nilai NDVI setelah koreksi atmosfer, relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum koreksi atmosfer untuk masing-masing obyek dan memiliki nilai yang hampir mendekati antara setiap model (Tabel 3-1). Nilai NDVI tanaman padi pada model FLAASH sama dengan model 6S yaitu sebesar 0.95 dan untuk lahan basah memiliki nilai yang sama antara model FLAASH dan LEDAPS yaitu 0.23. Secara keseluruhan nilai NDVI model FLAASH hampir mendekati model 6S.

Tabel 3-2: PERSENTASE NILAI REFLEKTAN MASING-MASING MODEL TERHADAP REFLEKTAN TOA

Obyek	Model koreksi	Persentase model koreksi terhadap TOA (%)					
		B1 (<i>blue</i>)	B2 (<i>green</i>)	B3 (<i>red</i>)	B4 (NIR)	B5 (SWIR1)	B7 (SWIR2)
Tanaman padi	FLAASH	10.6 (-)	3.2 (-)	6.0 (-)	0.9 (+)	0.9 (+)	0.9 (+)
	LEDAPS	2.8 (-)	1.6 (-)	1.7(-)	0.9 (+)	1.0 (+)	0.8 (+)
	6S	5.0 (-)	2.9 (-)	5.8 (-)	0.9 (+)	0.9 (+)	1.0 (+)
Lahan kering	FLAASH	2.3 (-)	1.4 (-)	1.1 (-)	0.9 (+)	0.8 (+)	0.8 (+)
	LEDAPS	1.7 (-)	1.2 (-)	1.0 (-)	0.9 (+)	0.9 (+)	0.8 (+)
	6S	2.2 (-)	1.6 (-)	1.3 (-)	1.0 (+)	0.8 (+)	0.8 (+)
Lahan basah	FLAASH	3.0 (-)	1.8 (-)	1.1 (-)	0.9 (-)	2.1(-)	2.3 (-)
	LEDAPS	1.9 (-)	1.3 (-)	1.1 (-)	0.9 (+)	0.9 (+)	0.8 (+)
	6S	2.8 (-)	1.8 (-)	1.5 (-)	0.9 (-)	1.1 (-)	1.4 (-)

(+) kenaikan nilai reflektan terhadap TOA
 (-) penurunan nilai reflektan terhadap TOA

Tabel 3-3. NILAI NDVI MASING-MASING MODEL KOREKSI ATMOSFER

Obyek	Nilai rata-rata NDVI		
	FLAASH	LEDAPS	6S
vegetasi (tanaman padi)	0.95	0.84	0.95
lahan terbuka	0.31	0.30	0.36
lahan basah	0.23	0.23	0.30
seluruh citra	0.63	0.56	0.66

4 KESIMPULAN

Telah dilakukan koreksi atmosfer citra landsat-7 wilayah Jakarta menggunakan model koreksi 6S, LEDAPS dan FLAASH serta membandingkannya dengan citra reflektan TOA. Hasilnya menunjukkan terjadi penurunan respon spektral obyek setelah koreksi atmosfer terhadap reflektan TOA sehingga memperbaiki pola spektral obyek mengikuti pola spektral obyek pada citra Landsat terutama pada kanal biru (*blue*), hijau (*green*), merah (*red*). Persentase penurunan nilai reflektan untuk setiap obyek berkisar antara (1 – 11%) dan cukup tinggi terjadi pada kanal biru untuk obyek tanaman padi. Pada kanal NIR dan SWIR terjadi kenaikan nilai reflektan sekitar 1% untuk semua obyek terhadap reflektan TOA terkecuali untuk lahan basah pada model LEDAPS. Kenaikan tersebut kemungkinan terjadi karena terdapat absorpsi atau penyerapan atmosfer oleh uap air yang cukup besar, sehingga koreksi atmosfer akan mengkompensasi absorpsi tersebut dengan memperkuat atau menaikkan nilai reflektan TOA (sebelum koreksi atmosfer).

Terdapat kecenderungan persentase kenaikan dan penurunan nilai reflektan yang sama pada model FLAASH dan 6S untuk seluruh obyek dan juga untuk rata-rata nilai NDVI.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan kepada Ir. Mahdi Kartasasminta, Ph.D atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan pada pemahaman teoritis dan matematis. Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan litbang “Koreksi Atmosfer Citra Landsat TA 2015” di Pustekdata Inderaja LAPAN untuk mencari metode koreksi atmosfer yang tepat untuk digunakan pada kegiatan operasional.

DAFTAR RUJUKAN

Chander, G., Markham, B.L., Helder, D.L., 2009. *Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors*, Remote Sensing of Environment (113): 893 – 903.

ENVI, 2009. *Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide*, ITT Visual Information Solutions.

Hadjimitsis, D.G., Papadavid, G., Agapiou, A., Themistocleous, K., Hadjimitsis, M.G., Retalis, A., Michaelides, S., Chrysoulakis, N., Toulouios, L., Clayton, C.R.I., 2010. *Atmospheric Correction for Satellite Remote Sensed Data Intended for Agricultural Application: Impact on Vegetation Indices*, Natural Hazards and Earth System Sciences (10): 89 – 95.

Kaufman, Y.J., Wald, A.E., Remer, L.A., Gao, B-C., Li, R-R., Flynn, L., 1997. *The MODIS 2.1- m Channel—Correlation with Visible Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol*. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing 35 (5):1286-1298.

Mahiny, A.S., Turner B.J., 2007. *A Comparison of Four Common Atmospheric Correction Methods*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 73, No.4, April 2007, 361-368.

Mathew, M.W., Adler-Golden, S.M., Berk, A., Felde, G., Anderson, G.P., Gorodetsky, D., Paswaters, S., Shippert, M., 2003. *Atmospheric correction of spectral imagery: evaluation of the FLAASH algorithm with AVIRIS data*, Spectral Sciences, Inc.

NASA, 2016. *Landsat 7 Science Data User Handbook*, National Aeronautics and Space Administration, USA.

Schmidt, G., Jenkerson, C., Masek, J., Vermote, E., Gao, F., 2013. *Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) Algorithm Description*, Open-File Report, U.S. Geological Survey.

Teillet, P.M., Barker, J.L., Markham, B.L., Irish, R.R., Fedosejevs G., 2001. *Radiometric Cross-Calibration of the Landsat-7 ETM+ and Landsat-5 TM Sensors Based on Tandem Data Sets*, Remote Sensing of Environment, Vol. 78 (39 -54).

Vermote, E.F., and Saleous, N., 2007. *LEDAPS Surface Reflectance Product Description version 2.0*. Technical Document, Departement of Geography, University of Maryland. USA.

Vermote, E.F., El Saleous, N.Z., Justice, C.O., 2002. *Atmospheric Correction of MODIS data in Visible to Middle infrared: First Result*, Remote Sensing of Environment, Vol. 83 (97 – 111).

Vermote, E.F., Tanre, D., Deuze, J.L., Herman, M., Morcrette, J-J., 1997. *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An Overview*, IEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 35, No. 3, May 1997, 875–686.

OPTIMASI PARAMETER DALAM KLASIFIKASI SPASIAL PENUTUP PENGUNAAN LAHAN MENGGUNAKAN DATA SENTINEL SAR (PARAMETERS OPTIMIZATION IN SPATIAL LAND USE LAND COVER CLASSIFICATION USING SENTINEL SAR DATA)

Galdita Aruba Chulafak¹, Dony Kushardono, Zylshal

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

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

¹e-mail: galdita.aruba@lapan.go.id

Diterima 30 Agustus 2017; Direvisi 12 Desember 2017; Disetujui ... Desember 2017

ABSTRACT

In this study, application of Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar (SAR) data for the land use cover classification was investigated. The classification was implemented with supervised Neural Network classifier for *Dual polarization* (VH and VV) Sentinel-1 data using texture information of gray level co-occurrence matrix (GLCM). The purpose of this study was to obtain the optimum parameters in the extraction of texture information of pixel window size, the orientation of neighboring relationships on the texture feature extraction, and the type of texture information feature used for the classification. The classification results showed that in the study area, the best accuracy obtained is 5×5 pixel window size, 0° orientation angle, and the use of entropy texture information as classification input. It was also found that more features texture information used as classification input can improve the accuracy, and with careful selection of appropriate texture information as classification input will give the best accuracy.

Keywords: *SAR, Sentinel-1, GLCM*

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai klasifikasi penutup penggunaan lahan menggunakan data Sentinel-1 yang merupakan data *Synthetic Aperture Radar* (SAR). Informasi tekstur digunakan sebagai masukan dalam pembuatan klasifikasi terbimbing *Neural Network* dengan menggunakan *Dual polarization* (VH dan VV). Klasifikasi dilakukan menggunakan informasi tekstur menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dari data Sentinel-1. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan parameter optimum dalam ekstraksi informasi, yaitu ukuran jendela pemrosesan, orientasi hubungan ketetanggaan pada ekstraksi fitur tekstur, serta jenis fitur informasi tekstur yang digunakan dalam klasifikasi. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa pada area yang dikaji, akurasi terbaik adalah pada ukuran jendela 5×5 piksel, sudut orientasi hubungan ketetanggaan 0°, serta penggunaan informasi tekstur *entropy* sebagai masukan dalam klasifikasi. Serta diketahui bahwa semakin banyak fitur informasi tekstur yang digunakan sebagai masukan klasifikasi dapat meningkatkan akurasi dan pemilihan informasi tekstur yang tepat sebagai masukan klasifikasi akan menghasilkan akurasi terbaik.

Kata kunci: SAR, Sentinel-1, GLCM

1 PENDAHULUAN

Pemantauan penutup penggunaan lahan di Indonesia perlu dilakukan. Pemantauan ini bisa dilakukan dengan cara melakukan pemantauan langsung maupun tidak langsung. Namun, pemantauan secara langsung dapat memakan biaya yang tinggi dan waktu yang lama sehingga dapat dilakukan pemantauan penutup penggunaan lahan menggunakan data penginderaan jauh (Martono, 2008; Suwargana, 2008).

Indonesia terletak di wilayah tropis, sehingga mempunyai liputan awan yang tinggi (Panuju, *et al.*, 2009). Liputan awan yang cukup tinggi ini dapat menyulitkan pemantauan di Indonesia terutama dalam penggunaan penginderaan jauh optik (Hasyim, *et al.*, 2010; Tjahjono, *et al.*, 2009), sehingga dalam mengatasi permasalahan ini dapat menggunakan penginderaan jauh *Synthetic Aperture Radar* (SAR) (Kushardono, 1996; Kushardono, 2012; Suwarsono, *et al.*, 2013) dikarenakan mempunyai panjang gelombang yang lebih panjang daripada partikel awan (Sutanto, *et al.*, 2014). Selain dapat menembus awan, SAR juga tidak terpengaruh oleh kondisi atmosfer, cuaca, maupun waktu pengambilan data baik itu siang ataupun malam hari (Prahasta, 2009; Hutagalung, 2013).

Pada tahun 2014 telah diluncurkan Satelit Sentinel-1A dengan penginderaan radar (Geudner, *et al.*, 2014) dan pada tahun 2016, sebagai bagian dari konstelasi satelit Sentinel-1, Satelit Sentinel-1B diluncurkan (Miranda, *et al.*, 2016). Satelit Sentinel-1 merupakan Satelit yang membawa muatan SAR pada kanal C (Xiaofeng, 2015) dan mempunyai mode pengambilan *single polarization* ataupun *dual polarization* (Torres, *et al.*, 2012). Satelit lain pembawa penginderaan SAR kanal C yaitu RADARSAT-2 dan Envisat-ASAR (Mouche dan Chapron, 2015).

Klasifikasi penutup penggunaan lahan menggunakan data satelit penginderaan jauh sudah banyak dilakukan, misalnya klasifikasi pada data SPOT di wilayah perbatasan perkotaan yang menggunakan metode *spatial feature* (Gong, *et al.*, 1992), klasifikasi penutup lahan pada data EO-1 hiperspektral menggunakan *neural network* (Kushardono, 2016), klasifikasi pada Worldview-1 dan Quickbird menggunakan pendekatan *neural network* di wilayah pemukiman (Pacifci *et al.*, 2009), klasifikasi menggunakan data ALOS PALSAR dan Envisat ASAR pada penggunaan lahan di Kabupaten Siak, Riau (Kushardono, 2012), dan klasifikasi pada data TerraSAR-X untuk mengelompokkan lahan pertanian (Sonobe *et al.*, 2014).

Dengan semakin meningkatnya resolusi spasial pada citra penginderaan jauh, analisis tekstur semakin mempunyai peranan penting dalam pengolahan citra, klasifikasi citra, dan interpretasi citra penginderaan jauh (He dan Wang, 1990). Banyak kajian yang menyatakan bahwa klasifikasi berdasarkan fitur tekstur dapat meningkatkan akurasi (Ulaby, *et al.*, 1986; Kushardono, *et al.*, 1994; Simard, *et al.*, 2000; Dekker, 2003).

Analisis tekstur yang digunakan dalam kajian ini adalah menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Pemilihan GLCM ini dikarenakan metode ini mengungguli metode lain dalam membedakan tekstur (Weszka, *et al.*, 1976; Connors dan Harlow, 1980). GLCM juga telah berhasil digunakan dalam banyak aplikasi (Haralick, *et al.*, 1973; Kruger, *et al.*, 1974; Soh dan Tsatsoulis, 1996; Kushwaha, *et al.*, 1994; Wu, *et al.*, 2008) dan juga pada klasifikasi data SAR (Shanmugan, *et al.*, 1981; Barber, dan LeDrew, 1991; Kushardono, 1996). Terdapat berbagai macam jenis fitur tekstur seperti *Angular Second Moment* (ASM), *Inverse Difference Moment*, *Correlation*, dan *Entropi* (Mohanaiah, *et al.*, 2013).

Pada penelitian ini dikaji mengenai penggunaan fitur tekstur dalam klasifikasi dengan berbagai parameter seperti ukuran jendela piksel, orientasi ketetanggaan, dan jenis dari fitur tekstur yang digunakan pada data Sentinel-1, sehingga diperoleh parameter yang optimal.

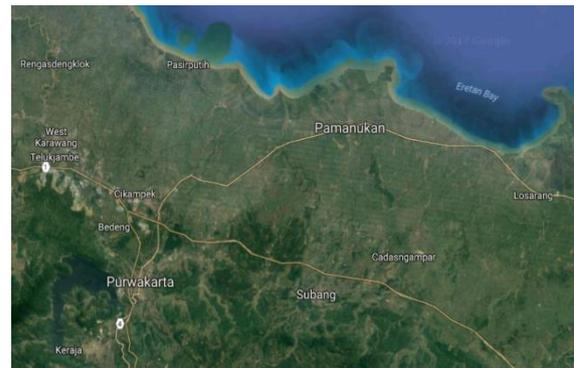
2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Lokasi kajian berada pada wilayah Kabupaten Karawang, Subang, dan Indramayu, Provinsi Jawa Barat yang termasuk daerah penghasil padi terbesar di Indonesia seperti terlihat pada Gambar 2-1. Data yang digunakan adalah data Sentinel-1A yang merupakan data penginderaan jauh SAR dengan waktu perekaman tanggal 10 September 2016 05: UTC.

Data Sentinel-1A yang digunakan merupakan data *dual polarization* VH

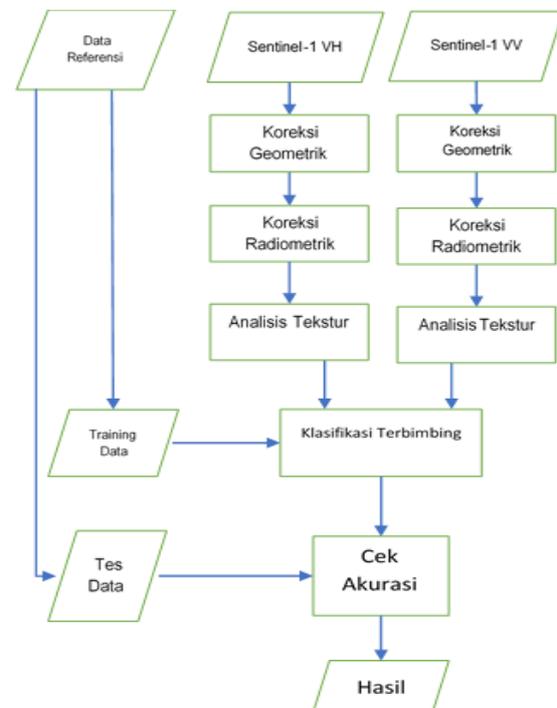
dan VV yang mempunyai resolusi spasial 5x10 m.



Gambar 2-1: Area kajian yang dilakukan

2.2 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam kajian ini seperti terlihat pada Gambar 2-2.



Gambar 2-2: Diagram alir kajian klasifikasi data Sentinel-1

Data Sentinel-1 yang digunakan berada pada level-1 *Ground Range Detected* (GRD). Level GRD ini sudah terkoreksi *terrain* dan sudah ditransformasi ke dalam bentuk koordinat geografik (Twelve, *et al.*, 2016) namun masih perlu dilakukan reproyeksi citra sehingga citra mempunyai posisi yang benar. *Preprocessing* data Sentinel-1 dilakukan di lingkungan perangkat lunak ESA SNAP Toolbox (ESA, 2017).

Data yang diperoleh pada data satelit Sentinel-1 berupa data amplitudo dan intensitas dalam bentuk angka digital. Dari data tersebut dilakukan kalibrasi sehingga didapatkan nilai hamburan balik dalam *sigma naught* (σ^0) dengan menggunakan persamaan berikut (Cazals, *et al.*, 2016; Miranda dan Meadows, 2015):

$$\sigma^0 [dB] = 10 * \log_{10} \left(\frac{DN^2}{A_{dn}^2 K} \sin(\alpha) \right) \quad (2-1)$$

Keterangan:

σ^0 = Koefisien hamburan balik (dB)

K = Koefisien kalibrasi

DN = Digital Number

α = Incidence Angle

A = Amplitudo

Dari hasil tersebut kemudian dilakukan ekstraksi informasi keruangan berdasarkan GLCM. Di mana GLCM untuk tiap polarisasi data dihitung berdasarkan jendela piksel (*window*) ukuran $n \times n$ piksel dengan suatu hubungan ketetanggaan sudut orientasi yang bergerak tiap piksel pada citra. Ukuran tersebut tidak dibatasi dalam ukuran tertentu namun ukuran *window* akan membedakan optimalisasi penggunaannya. Nilai *displacement* yang digunakan adalah sebesar satu piksel. Menurut Barber dan LeDrew, 1991, nilai *displacement* 1 menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan nilai lain.

Ukuran matriks yang dihasilkan adalah sebesar jumlah tingkat keabuan di dalam *window* tersebut dikali jumlah tingkat keabuan. Agar prosesnya tidak memakan waktu yang lama dan terlalu bervariasi, maka dilakukan kuantisasi tingkat keabuan. Kuantisasi yang digunakan adalah sebesar 64 tingkat keabuan. Penggunaan kuantisasi ini akan mempengaruhi hasil klasifikasi, semakin kecil maka semakin banyak informasi yang hilang, namun semakin banyak kuantisasi juga tidak akan menghasilkan hasil yang optimal karena

waktu proses yang lama (Kushardono, 1996; Wen, *et al.*, 2009).

Nilai pada tiap elemen matriks kookurensi adalah $P(i,j)$ di mana nilai tersebut merupakan peluang kejadian nilai digital i bertemu dengan nilai digital j . Dari nilai peluang tersebut dapat dihasilkan delapan fitur tekstur yang diformulasikan oleh Haralick, 1985 sebagai berikut:

• *Angular second moment:*

$$\sum_{i,j} \{P(i,j)\}^2 \quad (2-2)$$

• *Contrast :*

$$\sum_{i,j} (i-j)^2 P(i,j) \quad (2-3)$$

• *Homogeneity :*

$$\sum_{i,j} (i-j)^2 P(i,j) \quad (2-4)$$

• *Entropy:*

$$-\sum_{i,j} P(i,j) \log P(i,j) \quad (2-5)$$

• *Dissimilarity:*

$$\sum_{i,j} P(i,j) |i-j| \quad (2-6)$$

• *Correlation:*

$$\sum_{i,j} [(ij) P(i,j) - \mu_x \mu_y] / \sigma_x \sigma_y \quad (2-7)$$

• *Mean:*

$$\sum_{i,j} i \cdot P(i,j) \quad (2-8)$$

• *Variance:*

$$\sum_{i,j} P(i,j) (i - \mu_i)^2 \quad (2-9)$$

Keterangan:

μ_x, μ_y = rata-rata

σ_x, σ_y = standar deviasi

Setelah didapatkan kedelapan informasi tersebut, kemudian dilakukan klasifikasi terbimbing *Neural Network* dengan menggunakan kelas dari *training* data dengan kategori terlihat pada Tabel 2-1. Pembelajaran dengan klasifikasi *Neural Network* dilakukan dengan

Tabel 2-1: KATEGORI KELAS PENUTUP PENGGUNAAN LAHAN

No	Kategori Kelas	Kode Warna	Jumlah Training Data (pixel)	Jumlah Tes Data (pixel)
1	Perairan		1063	16597
2	Sawah Bera		2532	17600
3	Sawah Vegetasi 1		2828	22711
4	Sawah Vegetasi 2		2750	24738
5	Kebun Campuran		3470	18223
6	Pemukiman		4420	13726
7	Kosong		1332	6284

perulangan maksimal 10,000 perulangan dan *RMS error* kurang dari 0.1. Training data yang dipergunakan adalah berupa poligon yang merupakan hasil interpretasi dengan bantuan data referensi dan jumlah pixel perpoligon tiap kelasnya sebagaimana pada Tabel 2-1. Uji akurasi hasil klasifikasi yang diperoleh dilakukan dengan menggunakan data referensi yang diperoleh dari hasil interpretasi visual citra resolusi tinggi. Sampel data uji akurasi yang digunakan adalah sampel poligon yang mewakili tiap kelas penutup lahan hasil klasifikasi yang diperoleh sebelumnya. Akurasi kemudian dihitung dengan menggunakan metode *confusion matrix* (Congalton dan Green, 2008). Dari *confusion matrix* tersebut dapat dilakukan analisis lebih lanjut. Tahap klasifikasi dan uji akurasi dilakukan di lingkungan perangkat lunak IDL ENVI.

3 HASIL PEMBAHASAN

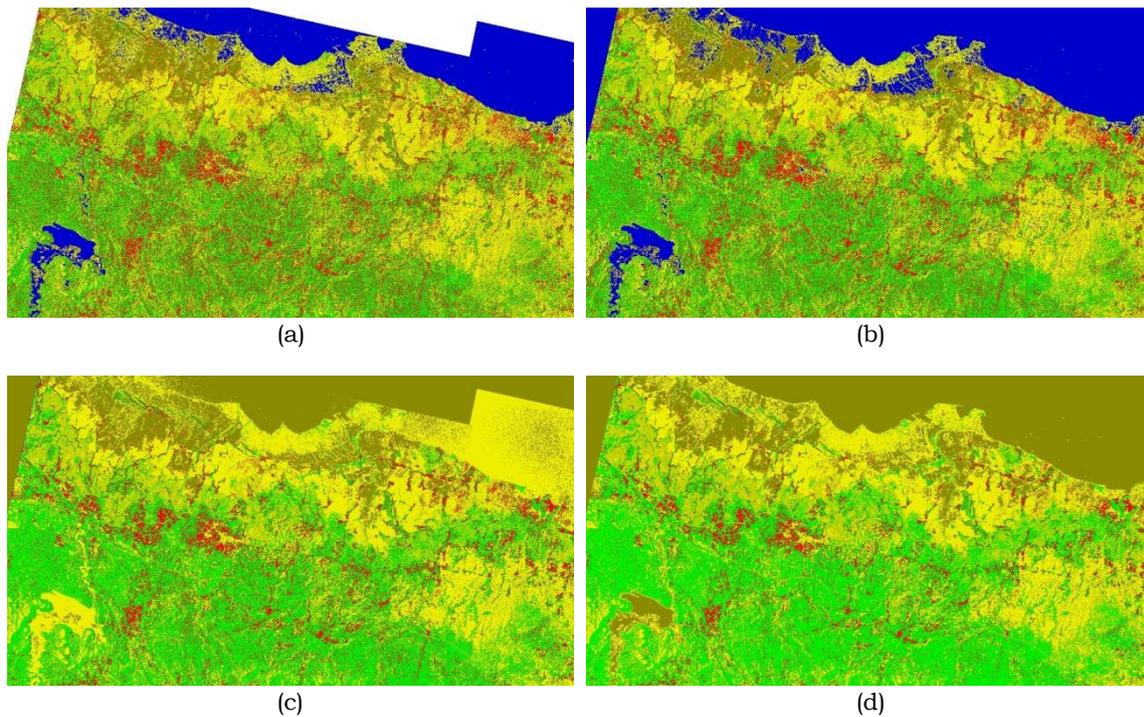
Dalam klasifikasi yang dilakukan dibedakan dalam beberapa perlakuan,

yaitu berdasarkan ukuran jendela piksel, orientasi ketetanggaan, serta informasi tekstur yang digunakan.

Pada perlakuan berdasarkan ukuran jendela pemrosesan informasi tekstur, digunakan ukuran jendela 5x5, 7x7, 9x9, dan 11x11 piksel dengan menggunakan kuantisasi 64 tingkat, serta orientasi semua arah dan menggunakan delapan fitur tekstur sebagai masukannya. Hasil klasifikasi berdasarkan ukuran jendela tersebut dapat dilihat pada Gambar 3-1.

Secara visual terlihat bahwa penggunaan ukuran jendela 5x5 dalam klasifikasi menghasilkan klasifikasi terbaik dikarenakan masih terdapatnya kelas perairan dan kelas data kosong.

Hasil akurasi penggunaan keempat ukuran jendela tersebut dapat dilihat pada Tabel 3-1 dalam bentuk *confusion matrix*. Hasil akurasi tertinggi diperoleh pada jendela berukuran 5x5 kemudian 7x7, 11x11, dan yang terakhir 9x9.



Gambar 3-1. Hasil klasifikasi menggunakan ukuran *window* (a) 5x5, (b) 7x7, (c) 9x9, dan (d) 11x11

Tabel 3-1: *CONFUSION MATRIX* PADA BERBAGAI UKURAN *WINDOW* (%)

UKURAN WINDOW 5X5								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,96	0	0,07	0,01	0	0	0	13,85
Sawah bera	0	89,05	0,49	0	0	0,01	0	13,17
Sawah Veg 1	0	6,8	49,93	10,47	0,07	0,09	0	12,64
Sawah Veg 2	0	0,66	40,74	66,06	7,33	1,41	0	22,72
Kebun Campur	0	0,01	8,12	20,36	69,01	6,56	0	16,98
Pemukiman	0	3,48	0,66	3,1	23,6	91,93	0	15,39
Kosong	0,04	0	0	0	0	0	100	5,25
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 76.2611%

Kappa Coefficient = 0.7189

UKURAN WINDOW 7X7								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	100	0,19	0,05	0	0	0	100	19,12
Sawah bera	0	95,08	0,19	0	0	0	0	14
Sawah Veg 1	0	2,73	56,35	9,63	0	0,01	0	13,06
Sawah Veg 2	0	0,01	36,4	69,78	3,98	1,04	0	22,02
Kebun Campur	0	0	6,76	18,88	80,05	4,2	0	17,83
Pemukiman	0	1,99	0,25	1,71	15,97	94,75	0	13,97
Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 75.8974%

Kappa Coefficient = 0.7130

UKURAN WINDOW 9X9								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	0	0	0,22	0,09	0,31	0	0	0,11
Sawah bera	41,12	96,89	0,01	0	0	0	100	25,16
Sawah Veg 1	58,88	2,06	58,27	9,45	0	0,03	0	21,45
Sawah Veg 2	0	0	35,19	69,63	1,9	0,44	0	21,37
Kebun Campur	0	0	6,24	20,29	90,36	4,41	0	19,61
Pemukiman	0	1,05	0,07	0,55	7,43	95,13	0	12,3
Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

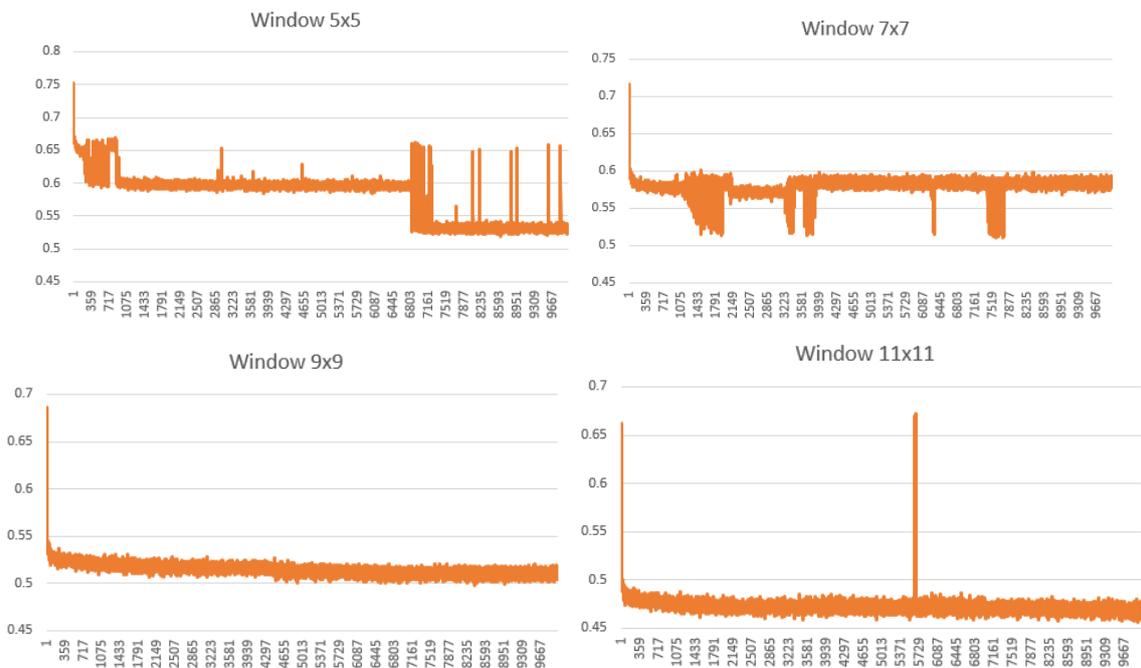
Overall Accuracy = 64.2598%

Kappa Coefficient = 0.5716

UKURAN WINDOW 11X11								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	0	0	0	0	0	0	0	0
Sawah bera	100	99,55	0,01	0	0	0,36	100	33,75
Sawah Veg 1	0	0,45	58,18	6,04	0	0,01	0	12,34
Sawah Veg 2	0	0	37,96	77,96	2,84	0,62	0	23,78
Kebun Campur	0	0	3,85	15,97	95,35	5,41	0	19,14
Pemukiman	0	0	0	0,03	1,81	93,59	0	11
Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 66.9342%

Kappa Coefficient = 0.6046



Gambar 3-2: Grafik penurunan *RMS error* (sumbu Y) berbagai ukuran *window* pada setiap jumlah iterasi (sumbu X)

Hasil akurasi ini berbeda dengan kajian yang dilakukan oleh Kushardono, 2012, yang menggunakan metode klasifikasi Maksimum *Likelihood* pada data Envisat ASAR, di mana ukuran *window* yang paling optimal adalah menggunakan ukuran 7 x 7 piksel. Hal ini dikarenakan perbedaan ukuran obyek penutup lahan di wilayah Jawa tempat studi yang lebih sempit dibanding penutup lahan hutan di Riau.

Su, 2008, juga mengkaji akurasi berdasarkan ukuran *window* ini pada penggunaan beberapa fitur tekstur dan hasil akurasi terbaik tidak selalu berada pada ukuran *window* tertentu, seperti ukuran 11x11 menghasilkan akurasi tertinggi pada fitur *homogeneity* dan *entropy*, 9x9 pada fitur *angular second moment*, dan 7x7 pada penggunaan fitur *contrast*.

Apabila dilihat berdasarkan *RMS error* yang didapatkan ketika melakukan klasifikasi *neural network* maka akan terlihat seperti Gambar 3-2. Terlihat jika *error* yang didapat tidak berkorelasi dengan akurasi yang didapat. Ukuran *window* dengan *error* terendah dihasilkan pada ukuran 11x11 sebesar 0.42, namun hasil akurasi menunjukkan bahwa pada ukuran *window* ini hanya menempati akurasi tertinggi ketiga di bawah ukuran *window* 5x5 dan 7x7.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Clausi dan Jernigam, 1998, jika ukuran *window* terlalu besar, maka akan terjadi banyak kekaburan pada perbatasan antar kelas, sedangkan pada *window* dengan ukuran lebih kecil akan menghasilkan *error* yang lebih banyak namun menghasilkan akurasi yang lebih tinggi pada wilayah perbatasan.

Kayitakire, 2006 mengatakan bahwa ukuran *window* merupakan parameter kunci dalam tekstur analisis, pemilihannya tidak dapat dilakukan

secara langsung. Pemilihan ukuran *window* ini dapat dilakukan dengan *trial* dan *error*, di mana beberapa nilai diuji (Franklin, *et al.*, 2001; Pesaresi, 2000). Hal ini menandakan jika ukuran *window* paling optimal akan berbeda untuk kasus yang berbeda sekalipun diterapkan pada data Sentinel-1.

Pada Tabel 3-2 disajikan mengenai perbandingan akurasi *producer* dan *user*. Terlihat pada kelas kosong baik pada akurasi *producer* maupun akurasi *user* menghasilkan nilai 0 pada ukuran *window* selain 5x5. Sedangkan pada kelas perairan nilai 0 muncul pada ukuran *window* 9x9 dan 11x11 baik itu pada akurasi *producer* maupun akurasi *user*.

Perlakuan kedua dilakukan berdasarkan pada orientasi hubungan ketetangaan dari matriks kookurensi. Orientasi ini dibedakan pada semua arah, orientasi 0°, 45°, 90°, dan orientasi 135°. Hasil klasifikasi berdasarkan orientasi ini seperti terlihat pada Gambar 3-3 dan Gambar 3-1(a) untuk orientasi semua arah.

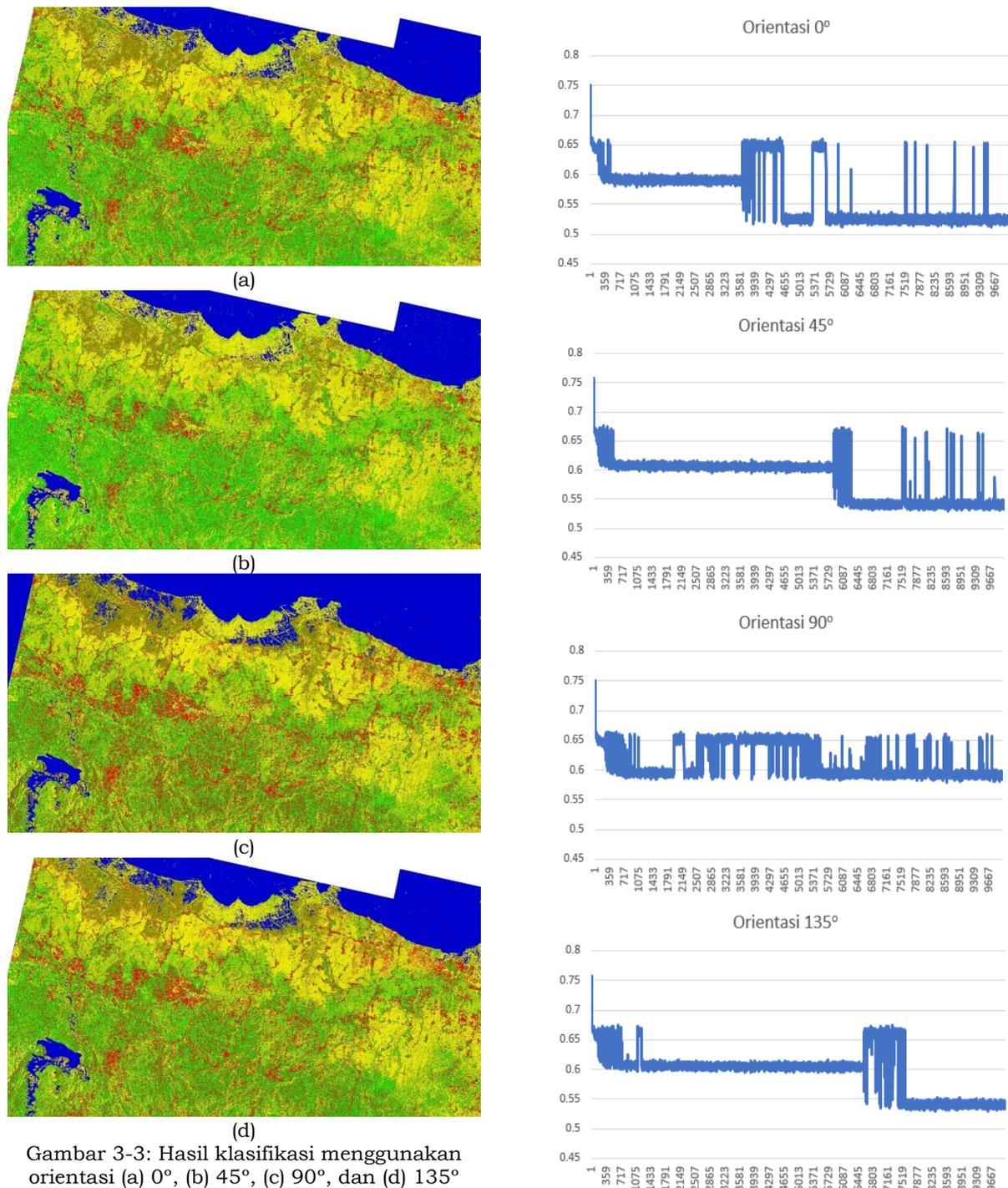
Secara visual tidak terlalu banyak terlihat perbedaan antara klasifikasi berdasarkan orientasi ini kecuali pada orientasi 90° di mana kelas kosong terkelaskan menjadi kelas perairan.

Hasil akurasi berdasarkan arah orientasi ini seperti terlihat pada Tabel 3-3. Akurasi tertinggi didapat pada klasifikasi dengan orientasi 0° sebesar 76.9% dan diikuti sudut orientasi semua arah sebesar 76.2%, 45° sebesar 76.0%, 90° sebesar 69.6%, dan 135° sebesar 66.9%.

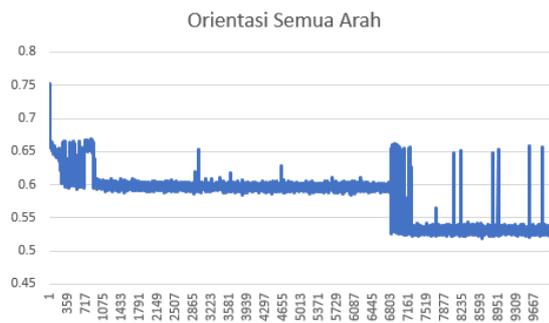
Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Su (2008), hasil akurasi berdasarkan sudut orientasi ini juga akan menghasilkan akurasi yang berbeda untuk tiap-tiap penggunaan fitur tekstur yang berbeda serta orientasi dari tekstur dapat meningkatkan nilai akurasi klasifikasi tergantung pola dari area kajian.

Tabel 3-2: PERBANDINGAN PRODUSER AKURASI DAN USER AKURASI BERDASARKAN UKURAN WINDOW (%)

Kelas	Producer's Accuracy				User's Accuracy			
	5x5	7x7	9x9	11x11	5x5	7x7	9x9	11x11
Perairan	99,96	100	0	0	99,89	72,4	0	0
Sawah bera	89,05	95,08	96,89	99,55	99,28	99,74	56,53	43,31
Sawah Veg 1	49,93	56,35	58,27	58,18	74,83	81,71	51,47	89,34
Sawah Veg 2	66,06	69,78	69,63	77,96	59,99	65,39	67,23	67,65
Kebun Campur	69,01	80,05	90,36	95,35	61,78	68,26	70,05	75,73
Pemukiman	91,93	94,75	95,13	93,59	68,4	77,67	88,55	97,44
Kosong	100	0	0	0	99,9	0	0	0



Gambar 3-3: Hasil klasifikasi menggunakan orientasi (a) 0°, (b) 45°, (c) 90°, dan (d) 135°



Gambar 3-4: Grafik penurunan *RMS error* (sumbu Y) berbagai orientasi *window* pada setiap jumlah iterasi (sumbu X)

Pola pada area kajian yang dilakukan termasuk mempunyai pola yang cukup heterogen dengan arah orientasi yang berbeda-beda seperti pada wilayah pertambakan, pertanian, perumahan, dan wilayah pegunungan, sehingga bisa terlihat jika beberapa orientasi yang digunakan mempunyai tingkat akurasi yang tidak jauh berbeda, dengan selisih kurang dari 1% dikarenakan kondisi pada area kajian yang mempunyai arah pola yang bervariasi.

Grafik *RMS error* yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 3-4, di mana terlihat *RMS error* untuk orientasi sudut 0°, 45°, 135°, dan semua arah mempunyai nilai *RMS Error* yang tidak jauh berbeda berada pada kisaran nilai 0.52 hingga 0,53, sedangkan *RMS Error* pada orientasi 90° adalah sebesar 0,59. Sama

seperti halnya pada perbandingan dengan ukuran *window*, *RMS error* dan akurasi tidak mempunyai korelasi.

Tabel perbandingan berbagai jenis orientasi ketetangaan terhadap hasil akurasi *producer* dan akurasi *user* disajikan pada Tabel 3-4. Pada kelas perairan, akurasi *producer* pada tiap orientasi menghasilkan nilai akurasi yang tinggi, > 99%, begitu pula pada akurasi *user* kecuali pada orientasi 90° yang hanya mempunyai akurasi sebesar 72,2%. Nilai produser akurasi dan akurasi *user* yang tinggi juga dihasilkan pada kelas sawah bera dan kelas kosong, namun pada kelas kosong, pada orientasi 90° menghasilkan akurasi 0%. Jika dilihat pada Gambar 3-3(c), lokasi yang seharusnya terklasifikasi sebagai kelas kosong dikelaskan sebagai kelas perairan.

Hasil akurasi ini juga sesuai dengan penuturan Kushardono, 1996 dan Wen, *et al.*, 2009 yang mengatakan jika akurasi klasifikasi yang didapat lebih baik ketika orientasi GLCM paralel dengan arah penglihatan dari sensor di mana pada satelit Sentinel-1 juga mengambil pada sudut orientasi yang lebih mendekati sudut 0° lebih baik ketika orientasi GLCM paralel dengan arah penglihatan dari sensor di mana pada satelit Sentinel-1 juga mengambil pada sudut orientasi yang lebih mendekati sudut 0°.

Tabel 3-3: *CONFUSION MATRIX* PADA BERBAGAI ARAH ORIENTASI (%)

Kelas	ORIENTASI 0°							
	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,95	0	0,18	0,03	0	0	0	13,88
Sawah bera	0	89,99	0,37	0,01	0	0,02	0	13,29
Sawah Veg 1	0	6,7	50,46	10,6	0,07	0,03	0	12,75
Sawah Veg 2	0	0,67	40,35	66,93	9,62	1,89	0	23,24
Kebun Campur	0	0,02	7,92	19,29	71,9	7,23	0	17,24
Pemukiman	0	2,61	0,71	3,13	18,42	90,83	0	14,36
Kosong	0,05	0	0	0	0	0	100	5,25
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 76.9943%
Kappa Coefficient = 0.7273

ORIENTASI 45°								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,04	0	0	0	0	0	0	13,71
Sawah bera	0	89,84	0,64	0,02	0	0,13	0	13,33
Sawah Veg 1	0,9	7,78	46,03	8,81	0,13	0,04	0	11,83
Sawah Veg 2	0	0,89	43,62	64,49	7,51	1,74	0	23,04
Kebun Campur	0	0,04	9,25	24,49	78,14	10,86	0	19,93
Pemukiman	0	1,45	0,46	2,18	14,23	87,23	0	12,9
Kosong	0,05	0	0	0	0	0	100	5,25
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 76.0375%
Kappa Coefficient = 0.7160

ORIENTASI 90°								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	100	0,43	0,02	0	0,12	0	100	19,17
Sawah bera	0	90,09	0,44	0,01	0	0,01	0	13,31
Sawah Veg 1	0	6,29	52,75	13,47	0,14	0,15	0	13,74
Sawah Veg 2	0	0,22	37,8	61,21	8,2	1,28	0	21,22
Kebun Campur	0	0	8,13	21,75	60,77	5,34	0	15,88
Pemukiman	0	2,97	0,85	3,57	30,77	93,22	0	16,68
Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 69.6069%
Kappa Coefficient = 0.6385

ORIENTASI 135°								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,98	0,07	0	0	0	0	0	13,85
Sawah bera	0	82,9	0,24	0	0	0,01	0	12,22
Sawah Veg 1	0	10,37	46,86	8,69	0,09	0,07	0	12,22
Sawah Veg 2	0	0,46	42,74	64,7	7,11	1,39	0	22,76
Kebun Campur	0	0	9,01	22,1	68,1	6,25	0	17,33
Pemukiman	0	6,2	1,14	4,51	24,71	92,27	0	16,38
Kosong	0,02	0	0	0	0	0	100	5,24
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

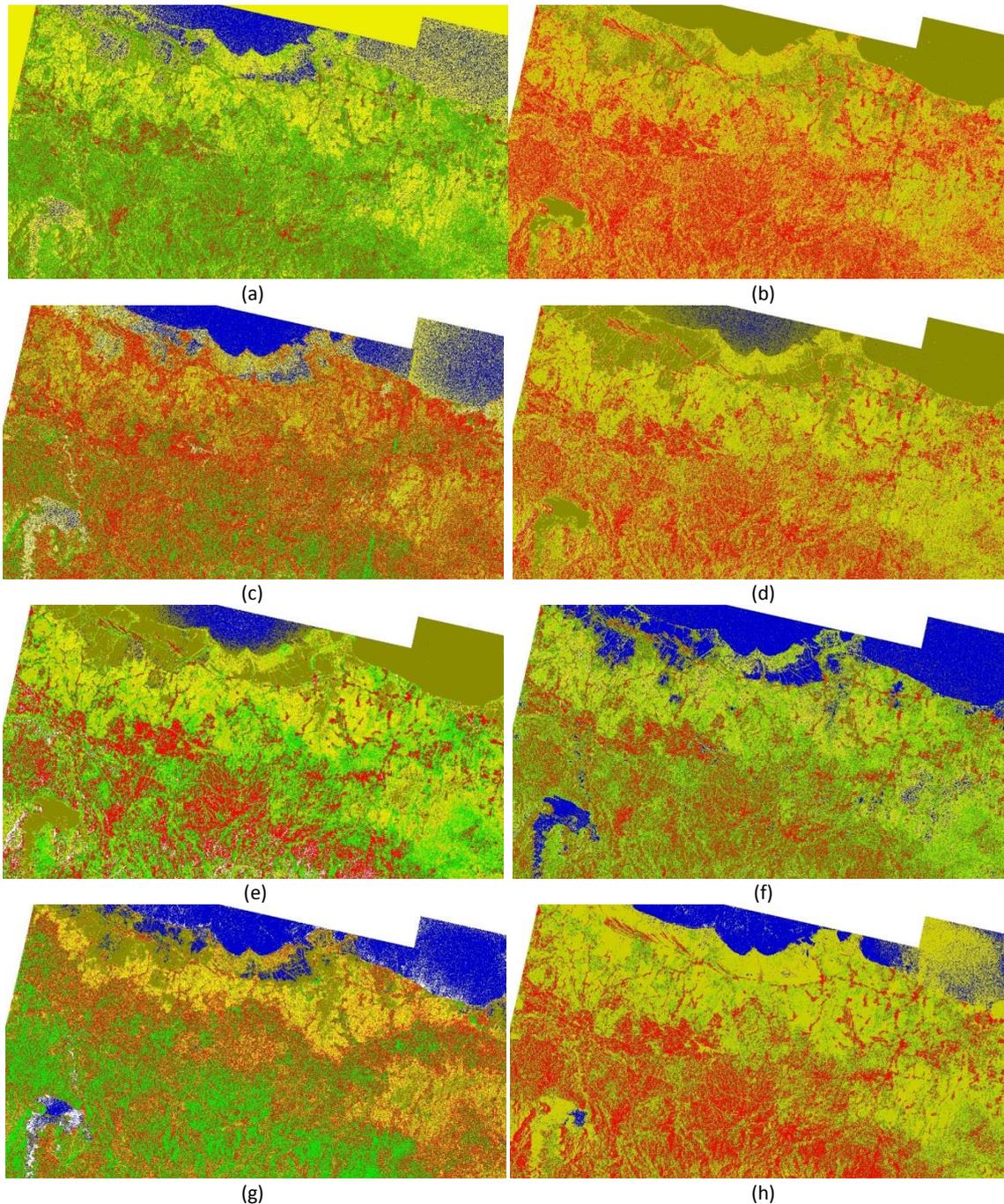
Overall Accuracy = 66.9342%
Kappa Coefficient = 0.6046

ORIENTASI SEMUA ARAH								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,96	0	0,07	0,01	0	0	0	13,85
Sawah bera	0	89,05	0,49	0	0	0,01	0	13,17
Sawah Veg 1	0	6,8	49,93	10,47	0,07	0,09	0	12,64
Sawah Veg 2	0	0,66	40,74	66,06	7,33	1,41	0	22,72
Kebun Campur	0	0,01	8,12	20,36	69,01	6,56	0	16,98
Pemukiman	0	3,48	0,66	3,1	23,6	91,93	0	15,39
Kosong	0,04	0	0	0	0	0	100	5,25
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 76.2611%
Kappa Coefficient = 0.7189

Tabel 3-4: PERBANDINGAN PRODUSER AKURASI DAN USER AKURASI BERDASARKAN ARAH ORIENTASI (%)

Kelas	Producer's Accuracy					User's Accuracy				
	0	45	90	135	All	0	45	90	135	All
Perairan	99,95	99,04	100	99,98	99,96	99,71	100	72,21	99,92	99,89
Sawah bera	89,99	89,84	90,09	82,9	89,05	99,43	98,94	99,35	99,61	99,28
Sawah Veg 1	50,46	46,03	52,75	46,86	49,93	75,01	73,71	72,76	72,67	74,83
Sawah Veg 2	66,93	64,49	61,21	64,7	66,06	59,45	57,75	59,53	58,67	59,99
Kebun Campur	71,9	78,14	60,77	68,1	69,01	63,39	59,59	58,18	59,72	61,78
Pemukiman	90,83	87,23	93,22	92,27	91,93	72,41	77,42	63,97	64,51	68,4
Kosong	100	100	0	100	100	99,87	99,86	0	99,95	99,9



Gambar 3-5: Hasil klasifikasi menggunakan fitur tekstur (a) *Angular Second Moment*, (b) *Contrast*, (c) *Correlation*, (d) *Dissimilarity*, (e) *Entropy*, (g) *Mean*, dan (h) *Variance*

Tabel 3-5: *CONFUSION MATRIX* PADA BERBAGAI FITUR TEKSTUR (%)

Kelas	ANGULAR SECOND MOMENT							
	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	59,02	2,96	0,33	0,02	0	0	0	8,67
Sawah bera	0,07	50,65	16,44	27,82	23,74	1,51	0	20,08
Sawah Veg 1	40,9	27,51	78,37	55,83	3,42	0,09	100	41,84
Sawah Veg 2	0	0	0,03	0,1	0,02	0	0	0,03
Kebun Campur	0	16,85	4,73	15,38	47,4	11,58	0	15,08
Pemukiman	0	2,03	0,11	0,84	25,42	86,83	0	14,3
Kosong	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 47.6222%
 Kappa Coefficient = 0.3764

Pada perlakuan yang ketiga adalah perlakuan terhadap fitur tekstur yang digunakan. Pada perlakuan ini digunakan ukuran *window* 5x5 dengan sudut orientasi semua arah. Klasifikasi dilakukan pada kedelapan jenis fitur tektur secara individual dengan menggunakan kedua jenis polarisasi. Hasil klasifikasi dari tiap fitur tekstur ini dapat dilihat pada Gambar 3-5.

Hasil akurasi dari masing-masing fitur tekstur ini seperti terlihat pada Tabel 3-3. Hasil akurasi tertinggi didapat pada fitur *entropy* sebesar 59,1% dilanjutkan *mean* (59,1%), *homogeneity* (58,2%), *dissimilarity* (52,2%), *angular second moment* (47,6%), *contrast* (46,6%), *correlation* (44,3%), dan yang terendah adalah *variance* dengan hasil akurasi sebesar 40,1%.

CONTRAST								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	0	0	0	0	0	0	0	0
Sawah bera	99,91	83,66	5,08	1,28	10,86	1,17	0	29,13
Sawah Veg 1	0,09	5,38	5,17	0,97	0,56	0,03	0	2,07
Sawah Veg 2	0	6,53	84,19	82,86	30,25	5,49	0	39,23
Kebun Campur	0	1,16	0,89	0,89	2,11	0,33	0	0,88
Pemukiman	0	3,27	4,66	14	56,23	92,98	0	23,45
Kosong	0	0	0	0	0	0	100	5,24
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 46.5686%

Kappa Coefficient = 0.3650

CORRELATION								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	59,64	1,2	0,74	0,15	0,02	0,02	0	8,61
Sawah bera	0	23,12	18,05	14,27	2,42	1,19	0	10,26
Sawah Veg 1	11,39	5,57	11,55	4,49	0,36	0,15	0	5,58
Sawah Veg 2	23,58	15,58	44,37	33,67	5,21	0,68	0	21,78
Kebun Campur	0	5,76	8,78	16,02	52,24	7,67	0	14,63
Pemukiman	0	48,64	16,14	31,03	39,68	90,29	0	32,97
Kosong	5,38	0,14	0,36	0,37	0,07	0	100	6,16
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 44.3097%

Kappa Coefficient = 0.3481

DISSIMILARITY								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	16,48	0	0	0	0	0	0	2,28
Sawah bera	83,52	84,52	4,79	0,6	6,49	0,12	0	26
Sawah Veg 1	0	4,07	12,97	3,04	1,48	0,02	0	3,91
Sawah Veg 2	0	2,32	77,88	82,92	25,23	3,51	0	36,44
Kebun Campur	0	3,02	2,99	7,6	13,41	3,09	0	4,97
Pemukiman	0	5,16	1,37	5,85	52,86	93,26	0	20,94
Kosong	0	0,91	0	0	0,53	0	100	5,46
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 52.2177%

Kappa Coefficient = 0.4323

ENTROPY								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	32,93	9,91	0	0	1,49	0	0	6,24
Sawah bera	66,13	72,45	7,92	0	1,08	0	0	21,46
Sawah Veg 1	0	7,14	44,54	8,63	1,17	0	0	11,45
Sawah Veg 2	0	2,52	44,16	73,69	3,52	0,01	0	24,48
Kebun Campur	0	1,16	3,32	17,57	25,5	2,29	0	8,56
Pemukiman	0	4,63	0,07	0,1	60,14	97,7	0	21,04
Kosong	0,93	2,2	0	0	7,1	0	100	6,77
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Overall Accuracy = 59.1446%

Kappa Coefficient = 0.5176

HOMOGENEITY								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	98,16	17,91	4,3	0,53	0,13	0	0	17,16
Sawah bera	0,57	49,24	0,82	0,46	16,44	1,2	0	10,2
Sawah Veg 1	1,27	8,69	13,3	4,5	0,81	0,01	0	5,02
Sawah Veg 2	0	8,25	68,47	67,6	11,11	0,68	0	29,9
Kebun Campur	0	12,22	7,17	20,57	32,93	5,12	0	12,99
Pemukiman	0	3,68	0,65	3,16	38,52	92,98	0	17,82
Kosong	0	0	5,29	3,18	0,05	0	100	6,91
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 58.1845%								
Kappa Coefficient = 0.5059								
MEAN								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	93,07	0,01	0	0	0	0	0	12,89
Sawah bera	0	89,68	6,52	0,04	0	0,01	0	14,41
Sawah Veg 1	0	10,27	42,64	12,6	0,71	20,14	0	14,6
Sawah Veg 2	0	0	5,37	2,17	0	0	0	1,46
Kebun Campur	0	0	16,11	27,39	78,12	15,04	0	22,3
Pemukiman	0	0,03	29,36	57,81	21,17	64,8	0	28,13
Kosong	6,93	0	0	0	0	0	100	6,2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 59.1146%								
Kappa Coefficient = 0.5251								
VARIANCE								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	37,58	0	0	0	0	0	0	5,2
Sawah bera	0	0	0	0	0	0	0	0
Sawah Veg 1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sawah Veg 2	60,24	56,87	91,61	76,13	13,86	1,21	0	52
Kebun Campur	0	28,81	6,65	16,8	20,14	3,65	0	12,44
Pemukiman	0	14,32	1,73	7,06	66	95,14	0	24,82
Kosong	2,18	0	0	0	0	0	100	5,54
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 40.1104%								
Kappa Coefficient = 0.283								

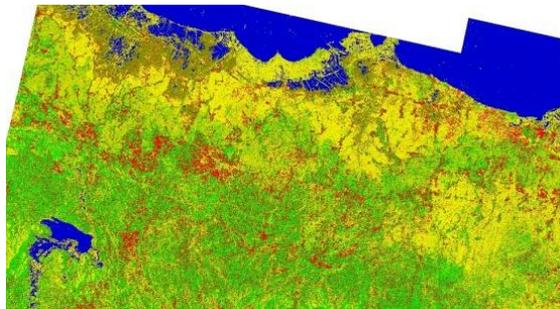
Jika akurasi dari tiap-tiap fitur tekstur dibandingkan dengan akurasi pada penggunaan semua fitur tekstur sebagai masukan, hasil akurasi yang didapat jauh lebih rendah dibandingkan klasifikasi menggunakan seluruh fitur tekstur yang mencapai 76,3%. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Kushardono, 2012 di mana semakin banyak informasi yang dipergunakan dalam klasifikasi penutup lahan dengan data satelit penginderaan jauh, makin tinggi akurasi hasil klasifikasinya. Menurut Baraldi dan Parmiggiani, 1995, tidak semua fitur tekstur perlu untuk

digunakan, beberapa fitur akan saling berkorelasi namun juga ada fitur-fitur yang tidak berkorelasi. Baraldi dan Parmiggiani juga mengemukakan bahwa terdapat fitur-fitur yang tidak perlu digunakan seperti *correlation*. Jika dilihat dari akurasi yang didapat, *correlation* termasuk fitur tekstur yang mempunyai akurasi cukup rendah. Tabel 3-6 memperlihatkan perbandingan *producer* akurasi dan *user* akurasi antar fitur tekstur. Terlihat jika kebanyakan tekstur menghasilkan *producer* dan *user* akurasi yang bervariasi namun cenderung di bawah 70%.

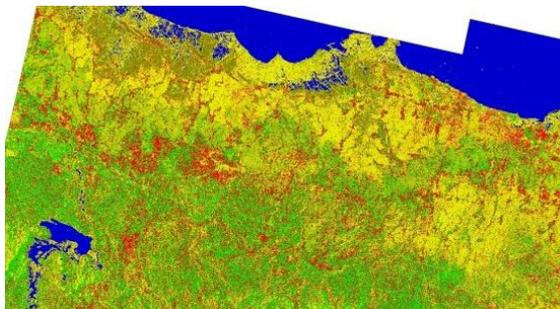
Tabel 3-6: PERBANDINGAN PRODUSER AKURASI DAN USER AKURASI BERDASARKAN FITUR TEKSTUR (%)

Kelas	User's Accuracy							
	ASM	Contrast	Correlation	Dissimilarity	Entropy	Homogeneity	Mean	Variance
Perairan	59,02	0	59,64	16,48	32,93	98,16	93,07	37,58
Sawah bera	50,65	83,66	23,12	84,52	72,45	49,24	89,68	0
Sawah Veg 1	78,37	5,17	11,55	12,97	44,54	13,3	42,64	0
Sawah Veg 2	0,1	82,86	33,67	82,92	73,69	67,6	2,17	76,13
Kebun Campur	47,4	2,11	52,24	13,41	25,5	32,93	78,12	20,14
Pemukiman	86,83	92,98	90,29	93,26	97,7	92,98	64,8	95,14
Kosong	0	100	100	100	100	100	100	100

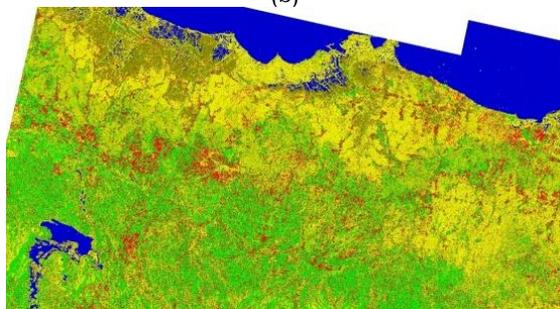
Kelas	User's Accuracy							
	ASM	Contrast	Correlation	Dissimilarity	Entropy	Homogeneity	Mean	Variance
Perairan	94,23	0	95,89	100	73,07	79,18	99,99	100
Sawah bera	37,03	42,17	33,07	47,72	49,57	70,9	91,36	0
Sawah Veg 1	35,48	47,32	39,22	62,85	73,72	50,15	55,33	0
Sawah Veg 2	71,43	43,58	31,9	46,95	62,12	46,66	30,52	30,21
Kebun Campur	47,8	36,33	54,27	41,03	45,27	38,54	53,25	24,62
Pemukiman	69,53	45,41	31,35	51	53,16	59,75	26,37	43,9
Kosong	0	100	85,07	96,07	77,39	75,89	84,53	94,55



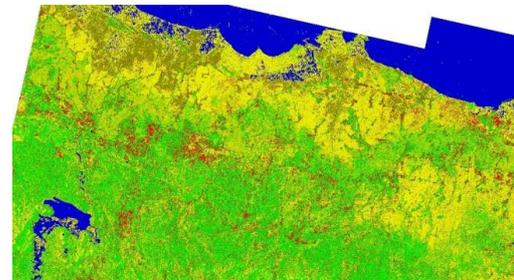
(a)



(b)



(c)

Gambar 3-6: Hasil klasifikasi tanpa menggunakan fitur tekstur (a) *Correlation*, (b) *Variance*, (c) *Correlation* dan *Variance*.Gambar 3-7: Hasil klasifikasi menggunakan fitur tekstur *mean*, *variance*, dan *correlation*

Hal tersebut menunjukkan bahwa menghilangkan fitur tekstur yang mempunyai hasil akurasi rendah pada saat digunakan per fitur belum tentu menambah hasil akurasi, malah bisa jadi hasil akurasi menurun.

Fitur tekstur dapat dibagi-bagi ke dalam beberapa grup dan salah satunya adalah grup statistik yang terdiri dari *mean*, *variance*, dan *correlation* (Wen, et al., 2009). Hasil klasifikasi menggunakan grup statistik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3-7.

Hasil akurasi dari klasifikasi menggunakan grup statistik ini dapat dilihat pada Tabel 3-6. Terlihat bahwa akurasi yang diperoleh menggunakan grup statistik ini menghasilkan akurasi 77,3 % dengan koefisien kappa sebesar 0,7308. Walaupun hanya menggunakan tiga informasi tekstur dengan dua

informasi tekstur merupakan informasi dengan akurasi rendah ketika dilakukan tiap fitur namun hasil akurasi ini lebih tinggi dibandingkan penggunaan semua

fitur tekstur sebagai masukan klasifikasi yang hanya memiliki akurasi sebesar 76,3% dan koefisien kappa 0,7189.

Tabel 3-7: *CONFUSION MATRIX* TANPA PENGGUNAAN BEBERAPA FITUR TEKSTUR (%)

HASIL UJI AKURASI TANPA FITUR TEKSTUR CORRELATION								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,73	0,48	0	0	0	0	0	13,88
Sawah bera	0	86,81	0,39	0	0	0,01	0	12,82
Sawah Veg 1	0	7,47	50,67	11,9	0,21	0,24	0	13,21
Sawah Veg 2	0,22	0,1	41,02	66,22	7,94	1,33	0	22,84
Kebun Campur	0	0	7,06	18	70,18	6,6	0	16,48
Pemukiman	0	5,15	0,87	3,87	21,68	91,83	0	15,53
Kosong	0,04	0	0	0	0	0	100	5,25
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 76.2402% Kappa Coefficient = 0.7186								
HASIL AKURASI TANPA FITUR TEKSTUR VARIANCE								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,93	0	0	0	0	0	0	13,84
Sawah bera	0	83,03	0,67	0	0	0,04	0	12,32
Sawah Veg 1	0,07	12,57	43,17	5,51	0,01	0,12	0	11,19
Sawah Veg 2	0	0,56	46,36	69,06	8,76	2,53	0	24,74
Kebun Campur	0	0	7,34	17,16	67	5,32	0	15,73
Pemukiman	0	3,84	2,46	8,27	24,22	91,99	0	16,95
Kosong	0	0	0	0	0	0	100	5,24
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 74.4142% Kappa Coefficient = 0.697								
HASIL AKURASI TANPA FITUR TEKSTUR CORRELATION DAN VARIANCE								
Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,91	0	0	0	0	0	0	13,83
Sawah bera	0,01	85,41	1,28	0,01	0	0,27	0	12,82
Sawah Veg 1	0,08	12,4	46,24	8,61	0,07	0,19	0	12,4
Sawah Veg 2	0	0,32	44,37	69,27	11,25	3,26	0	24,83
Kebun Campur	0	0	6,72	16,61	74,28	8,77	0	17
Pemukiman	0	1,87	1,39	5,5	14,4	87,51	0	13,88
Kosong	0	0	0	0	0	0	100	5,24
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 75.9799% Kappa Coefficient = 0.715								

Tabel 3-8: *CONFUSION MATRIX* FITUR TEKSTUR MEAN, VARIANCE, CORRELATION (%)

Kelas	Perairan	Sawah bera	Sawah Veg 1	Sawah Veg 2	Kebun Campur	Pemukiman	Kosong	Total
Perairan	99,88	0	0	0	0	0	0	13,83
Sawah bera	0	88,14	0,23	0,01	0	0,22	0	13,01
Sawah Veg 1	0,01	10,61	47,7	8,06	0,07	0,13	0	12,28
Sawah Veg 2	0	0,23	43,83	68,58	8,77	2,05	0	24,06
Kebun Campur	0	0,01	7,95	21,74	81,3	12,35	0	19,77
Pemukiman	0	1,01	0,28	1,61	9,86	85,25	0	11,79
Kosong	0,11	0	0	0	0	0	100	5,26
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Overall Accuracy = 77.318% Kappa Coefficient = 0.7308								

4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini diketahui penggunaan fitur tekstur dalam klasifikasi penutup penggunaan lahan dengan data Sentinel-1 akan memberikan hasil yang bervariasi tergantung dari parameter yang digunakan. Beberapa parameter yang mempengaruhi nilai akurasi dari hasil klasifikasi dengan menggunakan informasi spasial yaitu ukuran *window*, orientasi, dan fitur tekstur yang digunakan.

Dari penelitian ini parameter yang optimal dalam ekstraksi informasi tekstur untuk klasifikasi penutup penggunaan lahan pada daerah studi dengan menggunakan data radar Sentinel 1 adalah, ukuran *window* 5x5 dengan sudut orientasi ketetapan 0° yang dapat menghasilkan akurasi sebesar 77%. Adapun fitur tekstur yang mempunyai akurasi tertinggi didapat pada penggunaan fitur *entropy*, tetapi semakin banyak jumlah fitur yang dijadikan masukan dalam klasifikasi dan pemilihan fitur tekstur yang tepat akan dapat meningkatkan akurasi hasil klasifikasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh yang telah memberikan dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

Baraldi, A., dan Parmiggiani, F., 1995. *An Investigation of the Textural Characteristics Associated with Gray Level Co-occurrence Matrix Statistical Parameters*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33(2), 293-304.

Barber, D. G. dan LeDrew, E. F., 1991. *SAR Sea Ice Discrimination Using Texture Statistics: A Multivariate Approach*. Photogrammetric

Engineering and Remote Sensing, 57(4), 385-395.

Cazals, C., Rapinel, S., Frison, P. L., Bonis, A., Mercier, G., Mallet, C., Corgne, S., dan Rudant, J. P., 2016. *Mapping and Characterization of Hydrological Dynamics in a Coastal Marsh Using High Temporal Resolution Sentinel-1A Images*. Remote Sensing 8(7), 570.

Clausi, D. A., dan Jernigan, M. E., 1998. *A Fast Method to Determine Co-Occurrence Texture Features*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 36(1), 298-300.

Congalton, R. G., dan Green K., 2008. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data – Principles and Practices*. Second Edition. CRC Press/Taylor & Francis.

Connors, R. W., dan Harlow, C. A., 1980. *A Theoretical Comparison of Texture Algorithms*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2(3), 204-222.

Dekker, R. J., 2003. *Texture Analysis and Classification of ERS SAR Images for Map Updating of Urban Areas in The Netherlands*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41(9), 1950-1958.

ESA, 2017. SNAP - ESA Sentinel Application Platform v2.0.2, <http://step.esa.int> diakses Januari 2017.

Franklin, S. E., Wulder, M. A., dan Gerylo, G. R., 2001. *Texture Analysis of IKONOS Panchromatic Data for Douglas-Fir Forest Age Class Separability in British Columbia*. International Journal of Remote Sensing, 22(13), 2627–2632.

Geudner, D., Torres, R., Snoeij, P., Davidson, M., dan Rommen, B., 2014. *Sentinel-1 System Capabilities and Applications*. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 13-18 Juli 2014. Quebec City.

Gong, P., Marceau, D. J., and Howarth, P. J., 1992. *A Comparison of Spatial Feature Extraction Algorithms for Land-Use Classification with SPOT HRV Data*.

- Remote Sensing Environment, 40, 137-151.
- Haralick, R. M., 1985. *Statistical and Structural Approaches to Texture*. 304-322. In Chellappa, R. dan Sawchuk A. A. (ed.) *Digital Image Processing and Analysis: Volume 2: Digital Image Analysis*. IEEE Computer Society Press, New York.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., dan Dinstein, I. (1973). *Textural Feature for Image Classification*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 3(6), 610-621.
- Hasyim, B., Sulma, S., dan Hartuti, M., 2010. *Kajian Dinamika Suhu Permukaan Laut Global Menggunakan Data Penginderaan Jauh Microwave*. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, 5(4), 130-143.
- He, D. C., dan Wang, L., 1990. *Texture Unit, Texture Spectrum, and Texture Analysis*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28(4), 509-512.
- Hutagalung, M. E., 2013. *Model Spasial Pendugaan dan Pemetaan Biomassa di atas Permukaan Tanah Menggunakan Citra ALOS PALSAR Resolusi 12.5 M*. Skripsi Institut Pertanian Bogor. 43.
- Kayitakire, F., Hamel, C., dan Defourny, P., 2006. *Retrieving Forest Structure Variables Based on Image Texture Analysis and IKONOS-2 Imagery*. Remote Sensing of Environment, 102, 390-401.
- Kruger, R. P., Thompson, W. B., dan Turner, A. F., 1974. *Computer Diagnosis of Pheumoconiosis*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 4(10), 40-49.
- Kushardono, D., 1996. *Metode Klasifikasi Citra Satelit Radar untuk Mengidentifikasi Penutup Lahan*. Warta Inderaja-MAPIN. VIII(2), 36-44.
- Kushardono, D., 2012. *Klasifikasi Spasial Penutup Lahan Dengan Data SAR Dual Polarisasi Menggunakan Normalized Difference Polarization Index dan Fitur Keruangan Dari Matrik Kookurensi*. Jurnal Inderaja, 9(1), 12-24.
- Kushardono, D., 2016. *Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan Dengan Data Satelit Penginderaan Jauh Hiperspektral (Hyperion) Menggunakan Metode Neural Network Tiruan*. Jurnal Inderaja. 13(2), 85-96.
- Kushardono, D., Fukue, K., Shimoda, H., dan Sakata, T., 1994. *A Spatial Landcover Classification with The Aid of Neural Networks*. In: *Image and Signal Processing for Remote Sensing*, edited by Desachy J., The Int. Soc. for Optical Engineering-SPIE, Pro. 2315, 702-710.
- Kushwaha, S. P. S., Kuntz, S., dan Oesten, G., 1994. *Applications of Image Texture in Forest Classification*. International Journal of Remote Sensing, 15(110), 2273-2284.
- Martono, D. N., 2008. *Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh dan Uji Validasinya untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah dan Penggunaan/Penutupan Lahan*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008, 21 Juni 2008. Yogyakarta.
- Miranda, N., dan Meadows, P. J., 2015. *Radiometric Calibration of S-1 Level-1 Products Generated by the S-1 IPF, ESA-EOPG-CSCOP-TN-0002*; European Space Agency: Paris, France.
- Miranda, N., Meadows, P. J., Pilgrim, A., Piantanida, R., Recchia, A., Giudici, A., Small, D., dan Schubert, A., 2016. *Sentinel-1B Preliminary Results Obtained During the Orbit Acquisition Phase [Work in Progress]*. Conference on ENTERprise Information Systems/International Conference on Project MANagement/Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies, SENTERIS/ ProjMAN / HCist 2016, 5-7 Oktober 2016. Porto.
- Mohanaiah, P., Sathyanarayana, P., dan Guru Kumar, L., 2013. *Image Texture Feature Extraction Using GLCM Approach*. International Journal of Scientific and Research Publications, 3(5), 1-5.

- Mouche, A., dan Chapron, B., 2015. *Global C-Band Envisat, RADARSAT-2 and Sentinel-1 Measurements in Co-Polarization and Cross-Polarization*. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(11), 7195-7207.
- Pacifici, F., Chini, M., dan Emery, W. J., 2009. *A Neural Network Approach Using Multi-Scale Textural Metrics from Very High-Resolution Panchromatic Imagery for Urban Land-Use Classification*. *Remote Sensing of Environment*, 113(6), 1276-1292.
- Panuju, D. R., Heidina, F., Trisasongko, B. T., Tjahjono, B., Kasno, A., dan Syafril, H. A., 2009. *Variasi Nilai Indeks Vegetasi Modis pada Siklus Pertumbuhan Padi*. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 15(2), 9-16.
- Pesaresi, M., 2000. *Texture Analysis for Urban Pattern Recognition Using Fine-Resolution Panchromatic Satellite Imagery*. *Geographical and Environmental Modelling*, 4(1), 43-63.
- Prahasta, E., 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*. Informatika Bandung.
- Shanmugan, K., Narayanan, V., Frost, V. S., Stiles, J. A., dan Holtzman, J. C., 1981. *Textural Features for Radar Image Analysis*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 19(3), 153-156.
- Simard, M., Saatchi, S.S., dan Grandi G. D., 2000. *The Use of Decision Tree and Multiscale Texture for Classification of JERS-1 SAR Data Over Tropical Forest*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38(5), 2310-2321.
- Soh, L. K., dan Tsatsoulis, C., 1996. *Texture Representation of SAR Sea Ice Imagery Using Multi-Displacement Co-Occurrence Matrices*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(2), 780-795.
- Sonobe, R., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N., and Shimamura, H., 2014. *Random Forest of Classification Crop Type Using Multi-Temporal TerraSAR-X Dual-Polarimetric Data*. *Remote Sensing Letters*, 5(2), 157-164.
- Su, W., Li, J., Chen, Y., Liu, Z., Zhang, J., Low, T. M., Suppiah, I., dan Hashim, S. A. M., 2008. *Textural and Local Spatial Statistics for The Object-Oriented Classification of Urban Areas Using High Resolution Imagery*. *International Journal of Remote Sensing*, 29(11), 3105-3117.
- Sutanto, A., Trisakti, B., dan Arimurthy, A. M., 2014. *Perbandingan Klasifikasi Berbasis Obyek dan Klasifikasi Berbasis Pikel pada Data Citra Satelit Synthetic Aperture Radar untuk Pemetaan Lahan*. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital*, 11(1), 63-75.
- Suwargana, N., 2008. *Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi*. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 5, 64-74.
- Suwarsono., Yudhatama, D., Trisakti, B., dan Sambodo, K. A., 2013. *Pemanfaatan Citra Pi-SAR2 untuk Identifikasi Sebaran Endapan Piroklastik Hasil Erupsi Gunungapi Gamalama Kota Ternate*. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 10(1), 15-26.
- Tjahjono, B., Syafril, A. H. A., Panuju, D. R., Kasno, A., Trisasongko, B. H., dan Heidina, F., 2009. *Pemantauan Lahan Sawah Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2*. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 15(2), 1-8.
- Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., Potin, P., Rommen, B., Floury, N., Brown, M., Traver, I. N., Deghaye, P., Duesmann, B., Rosich, B., Miranda, N., Bruno, C., L'Abbate, M., Croci, R., Pietropaolo, A., Huchler, M., dan Rostan, F., 2012. *GMES Sentinel-1 Mission*. *Remote Sensing of Environment*, 120(2012), 9-24.
- Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 24(2), 235-245.

- Twelve, A., Cao, W., Plank, S., dan Martinis, S., 2016. *Sentinel-1-based Flood Mapping: A Fully Automated Processing Chain*. International Journal of Remote Sensing, 37(13), 2990-3004.
- Ulaby, F. T., Kouyate, F., Brisco, B., dan Williams, T. H. L., 1986. *Textural Information in SAR Images*. IEEE.
- Wen, C., Zhang, Y., dan Deng, K., 2009. *Urban Area Classification in High Resolution SAR Based on texture Features*. Geospatial Solutions for Emergency Management, 14-16 September 2009. Beijing.
- Weszka, J. S., Dyer, C. R., dan Rosenfeld, A., 1976. *A Comparative Study of Texture Measures for Terrain Classification*. IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 6(4), 269-285.
- Wu, D., Yang, H., Chen, X., He, Yong., dan Li, X., 2008. *Application of Image Texture for The Sorting of Tea Categories Using Multi-Spectral Imaging Technique and Support Vector Machine*. Journal of Food Engineering, 88(4), 474-483.
- Xiaofeng, L., 2015. *The First Sentinel-1 SAR Image of a Typhoon*. Acta Oceanologica Sinica, 34(1), 1-2.

INDEKS PENGARANG

A

Alan Nur Wahid
Ari Anggoro

1[14,1]
89[14,2]

L

Liana Fibrianawati

101 [14,2]

D

Dede Dirgahayu
Dony Kushardono

51[14,1]
111[14,2]

M

Maryani Hartuti
Muchlisin Arief
Mulkan Nuzapril

65 [14,2]
37[14,1]
25[14,1]

E

Ety Parwati

37 [14,1]

N

Nanin Anggraini

65[14,2]

F

Fadila Muchsin

101[14,2]

S

G

Galdita Aruba Chulafak

111[14,2]

Sarno
Sartono Marpaung
Setyo Budi Susilo
Syamsul B. Agus
Syifa Wismayati Adawiah

1 [14,1]
37 [14,1], 65[14,2]
25 [14,1]
89[14,2]
37 [14,1]

I

I Made Parsa
Idung Risdiyanto
Ita Carolita

51[14,1]
11[14,1]
51[14,1]

V

Vincentius Paulus Siregar

89[14,2]

J

Jaka A. I. Paski
James Parlindungan Panjaitan
Johannes Manalu

79[14,2]
25 [14,1]
51[14,1]

W

Wawan Harsanugraha

51[14,1]

K

Kuncoro Adhi Pradhono

101[14,2]

Z

Zylshal

111[14,2]

INDEKS KATA KUNCI

A		M	
Air	13,14,16,18,19,20	Matriks kesalahan	52 [14,1]
Asimilasi	[14,1] 80,81,82,83,84,85,86	Multiskala	91,92,93,96,97 [14,2]
	[14,2]	N	
B		NDVI	102,103,106,109 [14,2]
Biomassa	14,15,16,19,20 [14,1]	NDWI	68,69,70,73,74,75,7 6 [14,2]
C		O	
Citra Landsat multiwaktu	56 [14,1]	OBIA	91,92,93,95,96,97 [14,2]
Citra MODIS	52,53,54 [14,1]	P	
Citra Landsat multiwaktu	56 [14,1]	Penginderaan jauh	2,6 [14,1]
D		Perairan dangkal	39,40,45,47,48 [14,1]
Diseminasi	2,3 [14,1]	Pola spektral	106,109 [14,2]
Dua kanal	40,44 [14,1]	Produktivitas primer	26,27, 32,33,34 [14,1]
E		perairan	[14,1]
Edge detection	68,69,70,71,72,73,76 [14,2]	Pulau Pari	91,93,94,96,97 [14,2]
F		R	
Fase pertumbuhan	52,53,54,55,56,60 [14,1]	Radar	80,81,83,84,85,86 [14,2]
FLAASH	103,104,106,107,108, 109 [14,2]	S	
G		S6	103,104,105,106,10 7,108,109 [14,2]
Gambut	13,14,16,18,19,20 [14,1]	SAR	112,113,114,115,11 8,120,123,125,126 [14,2]
Garis pantai	66,67,68,69,70,71,73, 74, 75,76 [14,2]	Satelit	80,81,83,84,85,86 [14,2]
GLCM	113,114,120 [14,2]	Sentinel-1	112,113,114,118,12 0,126 [14,2]
H		SPOT 6	40,42 [14,1]
habitat benthik	90,91,92,95,96,97 [14,2]	T	
I		Teluk lampung	40,43 [14,1]
Informasi	2,3,4,5,6,7,8,9 [14,1]	Thresholding	40 [14,1]
K		Tutupan hutan	2,3,6,8,9 [14,1]
Kedalaman	38,39,40,41,42,43,44, 45, 46,47,48 [14,1]	W	
Kelembaban	13,14,16,17,20 [14,1]	WRFDA	81,83 [14,2]
Koefisien atenuasi	28,30 [14,1]	Z	
Konsentrasi klorofil-a	26,27,29,30, 31,32,33,34 [14,1]	Zona geomorfologi	91,92,94,95,96,96 [14,2]
Koreksi atmosfer	102,103,104,105,106, 107,108 ,109 [14,2]		
Korelasi	39,40,41,43,44 [14,1]		
L			
Landsat	67,68,69,70,71,72,73, 75,76 [14,2]		
Layanan web spasial	3,4,6,7,8 [14,1]		
LEDAPS	103,104,105,106,107, 108, 109 [14,2]		

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

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

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

¹Instansi Penulis Pertama

²Instansi Penulis Kedua

dstⁿ....

(10,5 pt, Franklin Gothic Medium)

e-mail: e-mail penulis pertama ← (berwarna hitam)

(10,5 pt, Franklin Gothic Medium)

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

ABSTRACT

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

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

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

ABSTRAK

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

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

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

1 PENDAHULUAN

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

Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Naskah diketik dalam Microsoft Word dengan 1 kolom untuk abstrak dan 2 kolom untuk isi. Ukuran kertas A4

dengan ukuran panjang (*height*) 29,7 cm, lebar (*width*) 21 cm dengan dimensi
Top 3 cm, *Bottom* 2,5 cm, *Inside* 2,5 cm, *Outside* 2 cm, *Gutter* 1 cm, *Header* 1 cm dan *Footer* 1 cm. Jenis Huruf Bookman Old Style 10,5 pt, dan spasi (*line spacing*) 1. Panjang naskah tidak melebihi 10 halaman termasuk tabel dan gambar.

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

2 METODOLOGI

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

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

2.1 Lokasi dan Data

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

2.2 Standarisasi data

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

2.3 Metode Penelitian

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

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

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

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

3 HASIL PEMBAHASAN

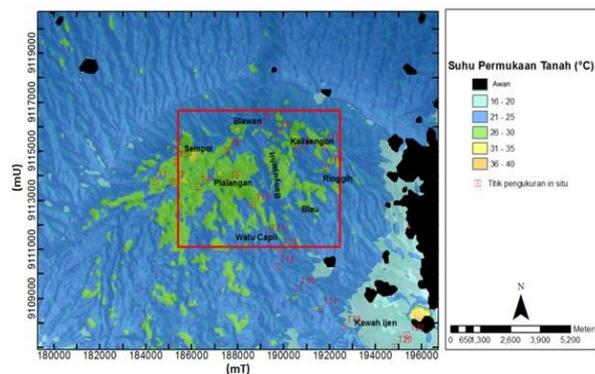
(10,5pt, Bookman Old Style, bold)

Tabel dibuat ringkas dan diberi judul yang singkat tetapi jelas hanya menyajikan data yang esensial dan mudah di-

pahami. Tabel diberi catatan secukupnya, termasuk sumbernya, sehingga tabel mampu menjelaskan informasi yang disajikan secara mandiri. Setiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam naskah. Judul tabel diketik dengan jenis huruf Bookman Old Style 10,5 pt dan pada tulisan "Tabel 1:" "Tabel 2:" dan seterusnya diketik tebal.

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

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



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

(9 pt, Bookman Old Style, bold)

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

(9 pt, Bookman Old Style, bold)

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

4 KESIMPULAN

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

UCAPAN TERIMAKASIH

Wajib dituliskan penulis, ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis baik penyediaan data, pengerjaan data, serta Tim Redaksi Jurnal PJPDC 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](http://weatherprediction.com), 23 Desember 2014.

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

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

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

a. Pengiriman naskah

Naskah diketik dengan MS Word menggunakan Bookman Old Styles font 11 pt, ukuran A4 dengan spasi ganda, maksimal 20 halaman. Khusus untuk judul naskah ditulis huruf besar dengan font 16 pt. Naskah dikirim melalui e-mail ke 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.

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

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.