

Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang Pada Citra Digital Multispektral Satelit ALOS-AVNIR di Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta.

(Analysis of Spectral Respond and Extraction of Coral Reef Spectral Value on ALOS-AVNIR Multispectral Satellite Data in Pari Islet, Thousand Island, Jakarta)

*M. Helmi, **A. Hartoko, *Herkiki S, *Munasik ***S. Wouthuyzen

*Marine Sciences Department, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Diponegoro University, Kampus Tembalang, Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang 50275, INDONESIA, Email; helmi@waindo.co.id Telp 62 0818108129.

**Coastal and Marine Geomatic Center – FPIK UNDIP, Semarang

*** Senior Researcher of Center for Oceanological Research and Development, The Indonesian Institute of Science, Jln. Pasir Putih 1, Ancol Timur, Jakarta

Abstrak

Terumbu karang dan peta ekosistem pesisir lainnya merupakan data spasial yang sangat penting untuk memberikan pengelolaan wilayah pesisir dan tujuan perencanaan di Indonesia. Pari Islets Kepulauan Seribu di pantai utara Jakarta memiliki variasi yang besar pada ekosistem pesisir yang kompleks, seperti hutan pantai, mangrove, terumbu karang dan padang lamun. Pulau ini besar, dangkal dan jairnya jernih, sehingga akan sangat bagus untuk merespon gambar satelit-spektral. Penelitian ini bertujuan untuk menilai respon spektral dan nilai spektral dari ekstraksi terumbu karang di ALOS AVNIR-multispektral-satelit gambar dalam Islets Pari Kepulauan Seribu, Jakarta. THSI 4-band citra satelit multispektral tanggal 30 April 2008 (JAXA, 2008) dengan resolusi 10 m spasial. Survei tanah dilakukan di 85 titik sampling antara Juni-Juli 2009. Satu set metode pengolahan citra termasuk koreksi geometrik, kalibrasi atmosfer (koreksi pixel ditingkatkan gelap), koreksi kolom air, transformasi Lyzenga, Hue Saturation Intensity (HSI) transformasi, Komponen Prinsip 1, analisis scattergram, perbandingan spektral, diterapkan untuk citra multispektral analisis, disertai dengan line Intercept Transect (LIT) dan Manta-taw survei lapangan untuk studi terumbu karang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terumbu karang mencakup wilayah di pulau Pari adalah 249,9 ha (26,5%), rumput laut 313,6 ha (33,3%) dan air pasir dangkal 378,9 ha (40,2%). Karakteristik spektral dari band hijau dan merah jauh lebih baik pada membedakan antara terumbu karang dan substrat air lainnya dangkal dibandingkan dengan band lain. Secara visual identifikasi terumbu karang pada gambar berubah HSI jauh lebih mudah dibandingkan dengan pada gambar Lyzenga berubah. Keakuratan peta di HSI (88,1%) juga lebih tinggi dari Lyzenga (77,3%). Nilai-nilai spektral terumbu karang di scattergram yang mengelompok hanya pada lokasi tertentu dan dengan mudah dibedakan dari lainnya substrat perairan dangkal, dan terumbu karang patch pada ALOS AVNIR-citra satelit bisa diambil langsung dari scattergram tersebut.

Kata Kunci: *Spectral respond, Terumbu Karang, ALOS-AVNIR, Multispectral*

Abstract

Coral reef and other coastal ecosystem map are very important spatial data to provide for many coastal management and planning purposes in Indonesia. Pari Islets of Thousand Islands in the northern coast of Jakarta has great variation on complex coastal ecosystem, such as beach forest, mangrove, coral reefs and seagrass. These rather large shallow and clear water islets could be ideal for satellite image spectral-respond study. The study aimed to asses spectral respond and spectral value of coral reef extraction on ALOS-AVNIR multispectral-satellite image in Pari Islets of Thousand Islands, Jakarta. THSI 4-band multispectral satellite image dated 30 April 2008 (JAXA, 2008) with 10 m spatial resolution. Ground survey was conducted in 85 sampling points between June-July 2009. A set of image processing method including geometric correction, atmospheric calibration (enhanced dark pixel correction), water column correction, Lyzenga transform, Hue Saturation Intensity (HSI) transform, Principle Component 1, scattergram analysis, spectral comparison, was applied for the multispectral image analysis, accompanied by a Line Intercept Transect (LIT) and Manta-taw field survey for the coral reef study. The result showed that coral reef covers area in Pari islets were 249.9 ha (26.5%), seagrass 313.6 ha (33.3%) and shallow water sand 378.9 ha (40.2%). Spectral characteristic of green and red band were much better on differentiating between coral reef and other shallow water substrate compared to the other bands. Visually coral reef identification on HSI transformed image much easier compared to on Lyzenga transformed image. The map accuracy on HSI (88.1%) also higher than Lyzenga (77.3%). Spectral values of coral reef on scattergram were clumped only on specific location and easily differentiated from other shallow water substrates, and so coral reef patch on ALOS-AVNIR satellite image could be extracted directly from the scattergram.

Key Word: Spectral respond, Coral reef, ALOS-AVNIR, Multispectral

Pendahuluan

Penelitian dan berbagai pekerjaan pemetaan ekosistem pesisir khususnya terumbu karang sudah disadari sebagai upaya penting dan mendesak untuk dilakukan sebagai dasar dalam penyusunan dokumen rencana zonasi, rencana pengelolaan dan rencana aksi di suatu wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Peta ekosistem terumbu karang sebagai sebuah model spasial ini merupakan penyederhanaan fenomena alam yang dapat memberikan kemudahan dalam

penyusunan suatu perencanaan (Coy dan Johnstone, 2001 dengan modifikasi).

Peran terumbu karang sangat penting sebagai pelindung alami pantai dari hempasan gelombang dan arus laut, sebagai habitat, tempat mencari makan, tempat berpijah dan asuhan serta pembesaran bagi biota laut (Suharsono, 1996). Terdapat hubungan yang signifikan antara kondisi terumbu karang dengan keberadaan, keragaman spesies dan kelimpahan ikan karang yang hidup di dalamnya (Kendall. 2009).

Tingginya ketergantungan manusia pada sumberdaya hayati dan non hayati yang kaya dalam ekosistem ini menjadi penyebab utama eksploitasi berlebihan dan berbagai kerusakannya pada berbagai wilayah di Indonesia (Burke. 2002 dan Giyanto. 1997). Bryant (1998) menerangkan bahwa untuk pengelolaan terumbu karang yang lestari diperlukan implementasi rencana pengelolaan yang dapat menggabungkan koleksi data dasar status terumbu karang, pemantauan yang terus menerus, perencanaan strategis, dan pengelolaan yang adaptif. Penelitian ini merupakan salah satu upaya guna mendukung perkembangan teknologi dan riset pemetaan ekosistem terumbu karang menggunakan citra penginderaan jauh satelit.

Gugusan Pulau Pari merupakan gugus pulau-pulau kecil yang memiliki perairan jernih dan ekosistem perairan dangkal yang lengkap, seperti terumbu karang, padang lamun, pantai dangkal berpasir dan laguna. Kompleksitas ekosistem perairan yang terhampar pada perairan dangkal yang jernih dan relatif luas ini menjadikan wilayah tersebut ideal untuk penelitian respon spektral citra satelit dan pemetaan ekosistem perairan. Kondisi gugusan pulau yang sedemikian baik memberikan peluang pemanfaatan yang tinggi terhadap sumberdaya hayati dan non hayati di perairan ini. Gugusan pulau ini telah dikembangkan menjadi daerah

ekoswisata bahari, pusat penelitian dan laboratorium alam serta area pengembangan budidaya perairan.

Upaya pemetaan ekosistem terumbu karang yang berada di dasar perairan dangkal tidaklah mudah dilakukan secara teristris. Penginderaan jauh satelit memberikan alternatif yang komprehensif untuk pemetaan ekosistem perairan dangkal, seperti terumbu karang ini. Sensor penginderaan jauh dapat menembus perairan dangkal yang jernih dan mengenali karakteristik substrat dasar perairan tersebut. Liputan citra satelit yang sangat luas, akurat, resolusi spasial dan spektralnya tinggi, kemampuan perekaman ulang konsisten, akses data/citra satelit dan pengolahannya mudah, efisien dalam biaya dan tenaga operasional menjadikan penggunaan data dan metode ini menjadi sangat efektif.

Citra digital Satelit ALOS AVNIR (*Advance Visible and Near Infrared*) memiliki resolusi spasial 10m dan memiliki saluran spektral yang komprehensif untuk studi perairan dangkal, yaitu saluran biru, hijau dan merah. Resolusi spasial yang relatif tinggi dan kelengkapan jumlah spektral yang dimiliki citra Satelit ALOS AVNIR ini juga sangat mendukung untuk berbagai penelitian analisa citra digital dan respon spektral obyek di perairan dangkal. Kualitas air, variasi tingkat kecerahan substrat dasar dan kedalaman merupakan faktor pembatas utama dalam pemetaan

terumbu karang. Resolusi spasial citra satelit yang semakin tinggi akan menghasilkan akurasi yang lebih signifikan untuk mengatasi faktor pembatas tersebut (Holden. 1999).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respon spektral citra digital multispektral Satelit ALOS AVNIR untuk identifikasi karakteristik terumbu karang menggunakan beberapa metode transformasi citra, yaitu Transformasi *Lyzenga*, Transformasi *Brovey* dan *Hue*

Saturation Intensity (HSI) dan *Principal Component Analysis (PCA)*. Penelitian ini juga bertujuan untuk memilih metode yang akurat, relatif mudah dan cepat untuk ekstraksi nilai spektral terumbu karang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sedikit kontribusi pada pengembangan dan khasanah bidang pengolahan citra digital multispektral satelit untuk area perairan dangkal di Indonesia.

Materi dan Metodologi

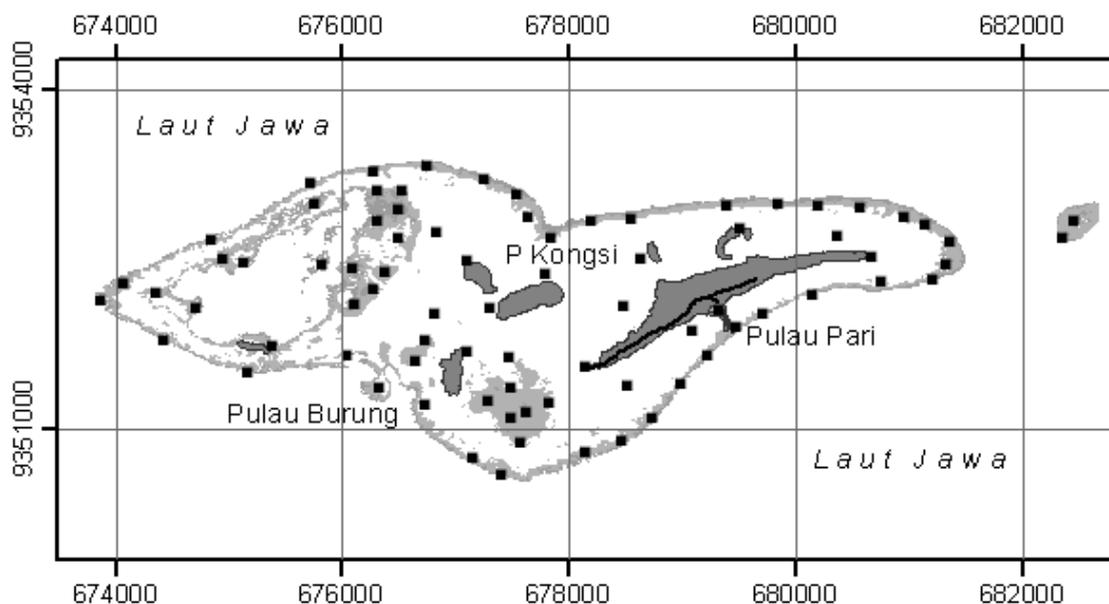
Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penginderaan jauh satelit yang bekerja pada domain elektromagnetik dan domain spasial (Hooidonk. 2009). Penelitian yang dilakukan pada Bulan Mei 2008 s/d September 2009 ini menggunakan citra satelit digital multispektral ALOS AVNIR resolusi 10m, saluran spektral lengkap (*full band*), hasil perekaman tanggal 30 April 2008 dengan liputan awan dan *haze* kurang dari 5% (Sumber: JAXA, Jepang 2008 melalui WG2 Peneliti ALOS di Indonesia).

Penelitian ini dilakukan di perairan dangkal Gugusan Pulau Pari, Jakarta Utara. Sebagai referensi posisi geografi pada penelitian ini digunakan Peta Rupabumi Indonesia, skala 1:25.000 lembar 1210-113 lokosi Pulau Payung dan lembar 1210-114 Pulau Pari, Kepulauan Seribu. Peta LPI (Lingkungan Pantai Indonesia) lembar LPI Daerah Mauk No 1210 - 02, skala 1:50.000 digunakan sebagai referensi data kedalaman.



Gambar 1 : Peta lokasi Gugusan P. Pari (X) yang terletak di Kepulauan Seribu, Jakarta Utara.

Survei lapangan dilakukan pada Bulan Juni 2009 menggunakan Metode *Line Intersept Transect (LIT)* pada 4 lokasi terpilih dan *Mantha-taw* untuk 81 lokasi yang tersebar merata pada area perairan dangkal di wilayah studi. Sampling data pengamatan terumbu karang yang dilakukan pada 4 stasiun penelitian, dimana stasiun 1 terletak pada sisi selatan Pulau Pari, stasiun 2 terletak pada sisi selatan Pulau Tikus, stasiun 3 terletak pada sisi timur Pulau Pari, sedangkan untuk stasiun 4 terletak pada sisi utara Pulau Tengah. Gambar di bawah ini menunjukkan sebaran 85 posisi stasiun untuk *resampling* dalam proses survei yang dilakukan. Pengolahan citra dilakukan secara digital menggunakan perangkat lunak ER Mapper 7.2. Pengolahan citra dilakukan di Laboratorium Komputasi Ilmu Kelautan FPIK UNDIP, Semarang dan Laboratorium PJ GTRC, Jakarta. Pengolahan citra digital dilakukan menggunakan Metode *Polynomial* tipe *linier* untuk *geocoding*, dan *nearest neighbor* untuk koreksi geometri citra. Metode ini dipilih karena wilayah penelitian merupakan daerah sangat datar pada bentangan area yang sempit dan hasilnya tidak mengubah nilai spektral asli pada citra yang sangat penting artinya untuk proses kajian nilai respon spektral, transformasi citra dan ekstraksi nilai spektral obyek pada tahap selanjutnya.



Gambar 2: Peta posisi stasiun pengamatan (titik warna hitam) terumbu karang di Gususan P. Pari.

Kalibrasi atmosfer pada penelitian ini dilakukan dengan Metode *Enhanced Dark Pixel Correction (Chavez)* dengan melakukan penambahan *artificial band* untuk keperluan teknis pengolahan yang menggunakan *Wizard Atmospheric Effect Correction* pada perangkat lunak ER Mapper 7.2.

Guna menguatkan respon spektral terumbu karang pada penelitian ini dipilih beberapa metode transformasi untuk terumbu karang, yaitu Transformasi *Lyzenga*, *HSI (Hue Saturation Intensity)* dan

Principal Component 1 (PC 1). Metode transformasi tersebut digunakan untuk menguatkan respon spektral terumbu karang dan

membedakannya dengan substrat dasar perairan yang lain. Koreksi kolom air (*water column correction*) dan transformasi *Lyzenga* dapat mereduksi pengaruh efek kedalaman, pergerakan dan kekeruhan air, untuk meningkatkan perolehan informasi karakteristik dasar perairan dangkal (*Lyzenga. 1978*). Penulisan algoritma yang digunakan untuk pemetaan ekosistem terumbu karang (*Siregar. 1996 dalam Gaol. 2007*) adalah sbb:

$$Y = \ln \text{Band 1} + K_i/K_j * \ln (\text{Band 2});$$

dimana:

$$K_i/K_j = a + (a^2 + 1)^{1/2}; \text{ dan}$$

$$a = (\text{Var } B_1 - \text{Var } B_2) / (2 * \text{Cov} B_1 B_2).$$

Penulisan algoritma untuk transformasi *HSI (Hue Saturation Intensity)* (ER Mapper. 2005) yang digunakan adalah sbb;

```
IF (MAX(i1,i2,i3) = MIN(i1,i2,i3)) THEN 0 ELSE ((IF (i1 = MAX(i1,i2,i3))
THEN ((i2 - i3) / (MAX(i1,i2,i3) - MIN(i1,i2,i3)))
ELSE IF (i2 = MAX(i1,i2,i3))
THEN 2 + ((i3 - i1) / (MAX(i1,i2,i3) - MIN(i1,i2,i3)))
ELSE 4 + ((i1 - i2) / (MAX(i1,i2,i3) - MIN(i1,i2,i3))) * 60 + 360) % 360
IF MAX(i1,i2,i3) = 0 THEN 0 ELSE 1 - MIN(i1,i2,i3) / MAX(i1,i2,i3)
MAX(i1,i2,i3)
```

Sedangkan penulisan untuk algoritma *Principal Component 1* (ER Mapper. 2005) dilakukan seperti di bawah ini;

$$PC1 = \text{SIGMA}(I_1..I_3) / \sqrt{PC_COV(I_1, I_2, I_3)}$$

klasifikasi digital (*unsupervised classification*) dan *scattergram*.

Perbandingan dan analisa pantulan spektral terumbu karang dan perbedaannya dengan substrat dasar yang lain juga dilakukan pada penelitian ini. Nurjannah (2008) dalam risetnya menerangkan bahwa pada suatu luasan tertentu yang terdapat beberapa jenis karang, maka setiap jenisnya akan memancarkan energy elektromagnetik yang berbeda dan pancaran tersebut dapat diterima oleh sensor radiometer multispektral. Untuk melakukan ekstraksi nilai spektral terumbu karang pada penelitian ini digunakan metode

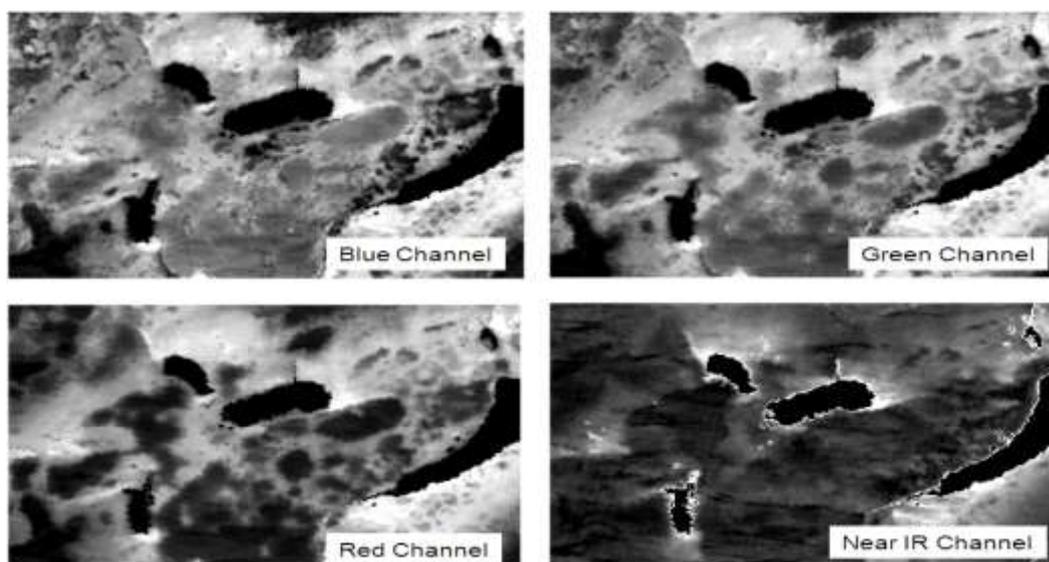
Uji akurasi menggunakan metode *Confusion Matrix* digunakan untuk menghasilkan nilai kuantifikasi dan penilaian terhadap metode yang relatif lebih baik untuk ekstraksi dan pemetaan terumbu karang di daerah kajian. Amri (2010) menyimpulkan hasil pemetaan terumbu karang di Kepulauan Seribu, Jakarta menggunakan citra satelit QuickBird berdasarkan metode *Confusion Matrik* dapat mencapai akurasi

(overall accuracy) 70,7% pada 133 stasiun pengamatan.

Hasil dan Pembahasan

Koreksi geometri citra satelit ALOS AVNIR resolusi spasial 10m yang menggunakan referensi Peta

Rubabumi skala 1:250.000 ini menghasilkan *RMSE (Root Mean Square Error)* sebesar 0,97. Citra satelit hasil koreksi geometri yang memiliki datum WGS84 dan proyeksi SUTM48 ini memiliki kesalahan posisi di lapangan sebesar 9,7m.



Gambar 3.: Varisai ekosistem perairan dangkal sabagian wilayah Gususan P. Pari yang tampilan saluran spektral biru, hijau, merah dan inframerah dekat pada citra ALOS AVNIR.

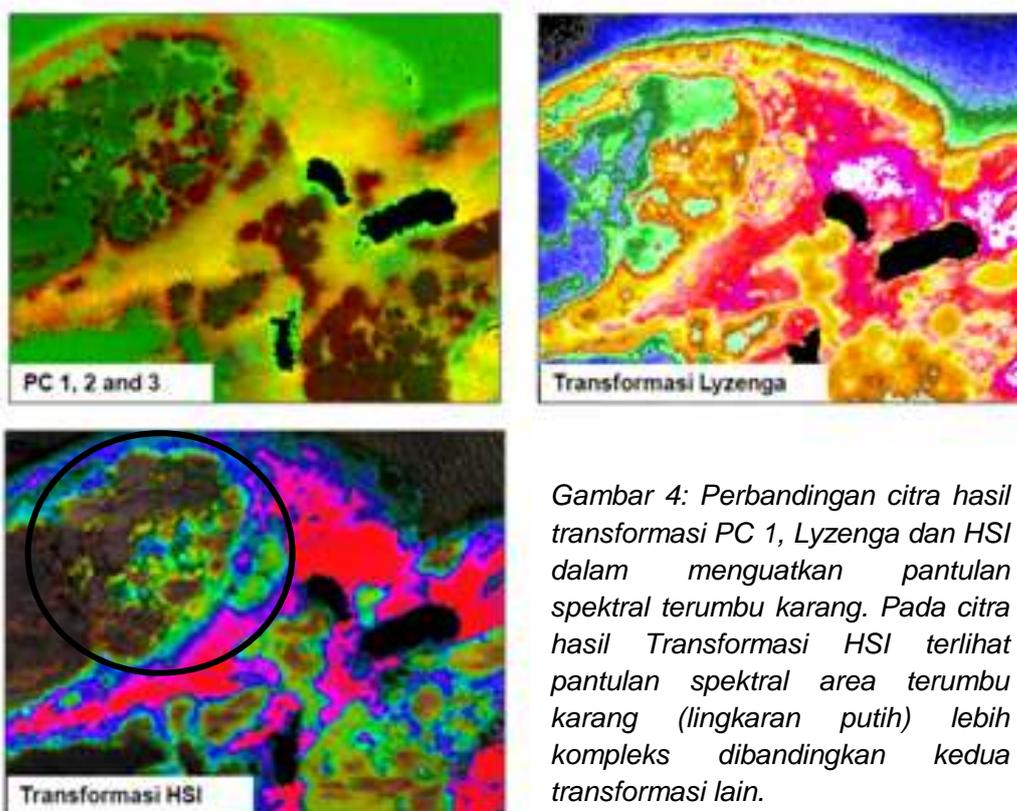
Kualitas geometri pada citra tersebut memenuhi syarat untuk digunakan karena tingkat akurasi kurang dari jarak 1 piksel pada resolusi spasial citra 10m.

Tahap proses koreksi radiometri citra yang menggunakan metode *Enhanced Dark Pixel Correction (Chavez)* menunjukkan bahwa kondisi atmosfer saat perekaman citra adalah sangat

berkabut (*very hazy*). Hal ini ditunjukkan dengan nilai minimum spektral citra pada panjang gelombang terpendek (spektral biru) adalah 143. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa koreksi radiometri untuk mengurangi pengaruh hamburan atmosfer ini perlu dilakukan. Gambar di bawah ini adalah tampilan tiap saluran spektral hasil proses koreksi radiometri dan

geometri citra ALOS AVNIR yang dilakukan pada studi ini. Pada gambar tersebut terlihat bahwa saluran spektral hijau dan merah memiliki variasi nilai piksel karakteristik ekosistem perairan dangkal yang lebih kompleks di dibandingkan dengan saluran biru. Saluran inframerah dekat memiliki variasi nilai piksel yang paling rendah dibandingkan saluran lain pada ALOS AVNIR sehingga variasi ekosistem

perairan dangkal secara visual pada citra terlihat lebih homogen. Saluran spektral inframerah dekat dari energy elektromagnetik matahari akan terserap bila menembus kedalaman/kolom air dan menyebabkan nilai pantulannya rendah pada saat terekam satelit ALOS. Fenomena ini menyebabkan nilai pantulan spektral inframerah dekat memiliki variasi nilai piksel yang rendah pada daerah perairan.



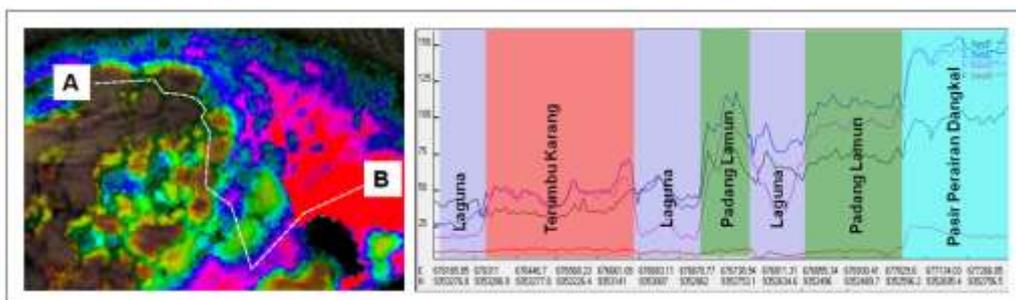
Gambar 4: Perbandingan citra hasil transformasi PC 1, Lyzenga dan HSI dalam menguatkan pantulan spektral terumbu karang. Pada citra hasil Transformasi HSI terlihat pantulan spektral area terumbu karang (lingkaran putih) lebih kompleks dibandingkan kedua transformasi lain.

Transformasi citra untuk menguatkan pantulan spektral terumbu karang telah dilakukan menggunakan metode transformasi citra PC1, Lyzenga dan HSI. Gambar

di bawah ini adalah tampilan visual yang menunjukkan variasi karakteristik ekosistem terumbu karang pada daerah yang sama dari ketiga transformasi yang digunakan. Pada gambar tersebut terlihat variasi

spektral terumbu karang (lingkaran warna hitam) yang ditampilkan pada citra hasil transformasi HSI lebih kompleks (*color full*) dibandingkan

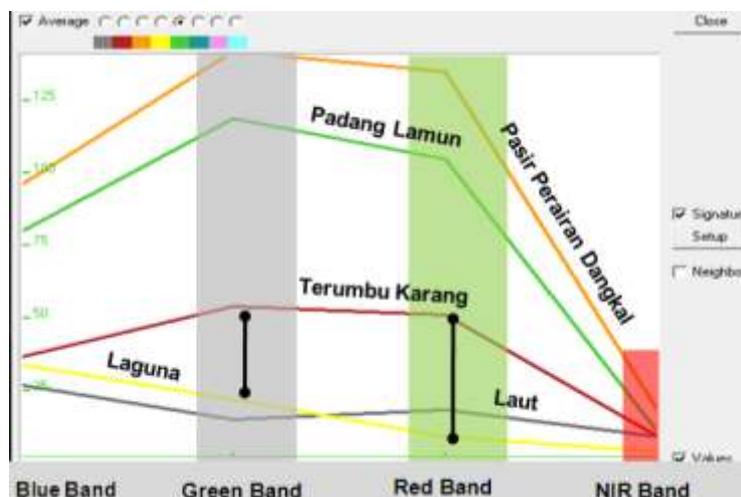
pada hasil transformasi lain. Transformasi Lyzenga memiliki variasi spektral yang lebih kompleks dibandingkan dengan PC 1.



Gambar 5: Analisa karakteristik respon spektral terumbu karang (blok warna merah) yang dibandingkan terhadap ekosistem perairan dangkal lain berdasarkan line transect A ke B.

Hasil tampilan visual tersebut menunjukkan bahwa pada daerah kajian ini, Transformasi HSI dapat menguatkan atau menonjolkan

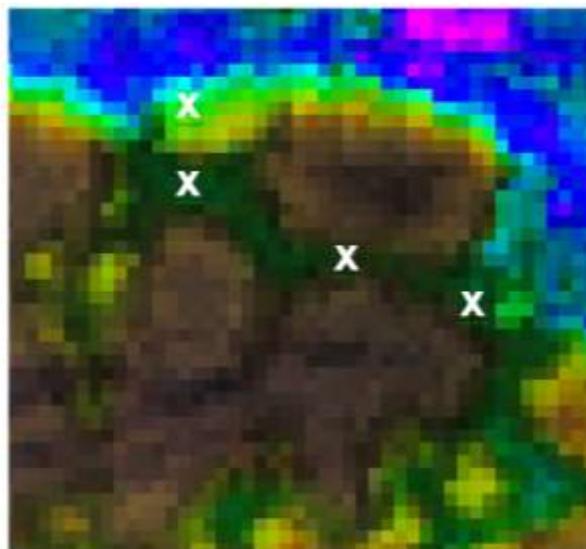
pantulan spektral ekosistem perairan dangkal dalam hal ini terumbu karang dibandingkan dengan Transformasi Lyzenga dan Transformasi PC 1.



Gambar 6: Analisa komparasi saluran spektral ALOS AVNIR terhadap kemampuannya dalam membedakan terumbu karang dan ekosistem perairan dangkal yang lain.

Analisa karakteristik pantulan spektral terumbu karang dalam bentuk kurva pantulan spektral yang juga dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa, karakteristik pantulan terumbu karang bersifat khas. Berdasarkan bentuk respon spektral yang ditampilkan pada kurva pantul,

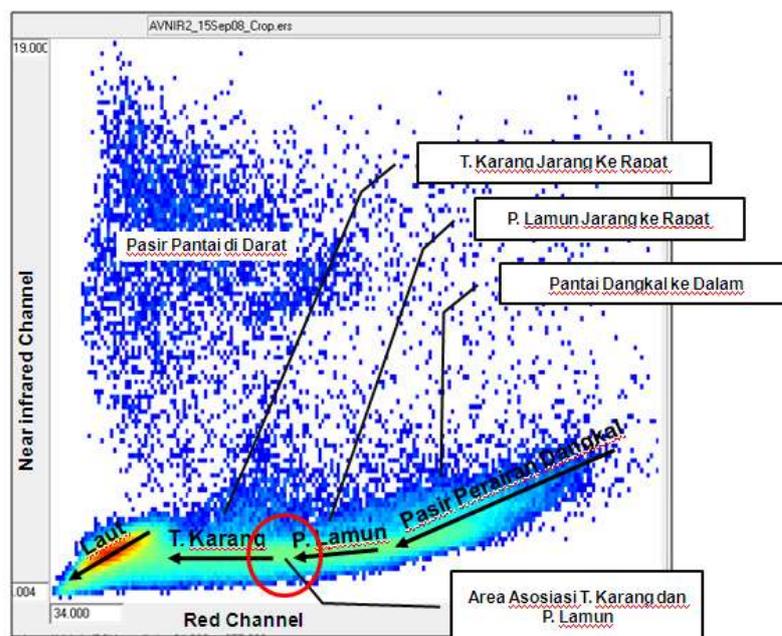
ditunjukkan bahwa terumbu karang sangat berbeda dengan laut, pasir pantai dangkal dan laguna pada wilayah studi ini. Secara visual pada tampilan citra satelit area terumbu karang juga dapat dibedakan dengan mudah terhadap area tersebut.



Gambar 8: Area terumbu karang pada citra hasil transformasi HSI ditampilkan dengan warna hijau gelap hingga hijau cerah (x)

Namun demikian, area terumbu karang tidak mudah dibedakan dengan area padang lamun. Pada tampilan kurva pantul di bawah ini respon spektral terumbu karang dengan area padang lamun terlihat sangat berbeda. Saluran spektral hijau dan merah pada ALOS AVNIR pada area terumbu karang memiliki pantulan spektral yang hampir berhimpit (blok warna merah), sedangkan pada padang lamun respon spektral saluran hijau selalu

lebih tinggi dari pada merah (blok warna hijau). Respon spektral saluran biru, hijau dan merah pada area padang lamun jauh lebih tinggi dibandingkan respon spektral pada area terumbu karang. Dengan demikian, pada area kajian Gugusan P Pari dapat dilakukan identifikasi area terumbu karang menggunakan pendekatan karakteristik spektralnya pada kurva pantul. Respon spektral rerata pada setiap jenis ekosistem perairan dangkal ditampilkan pada kurva pantul berikut ini.



Gambar 9: Distribusi spektral Terumbu Karang terhadap ekosistem lain pada Scattergram.

Kurva tersebut menunjukkan bahwa saluran spektral citra ALOS AVNIR yang terbaik untuk membedakan karakteristik ekosistem perairan dangkal ada pada saluran spektral merah dan hijau. Pada saluran spektral biru dan inframerah dekat karakteristik ekosistem perairan dangkal tidak dapat dibedakan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan jarak antara garis yang menggambarkan masing-masing ekosistem perairan dangkal yang dikaji hampir berhimpit pada inframerah dekat (blok warna merah) dan jarak yang relatif dekat pada saluran biru. Saluran spektral yang terbaik untuk membedakan terumbu *Scattergram* yang dihasilkan pada penelitian ini dapat memberikan

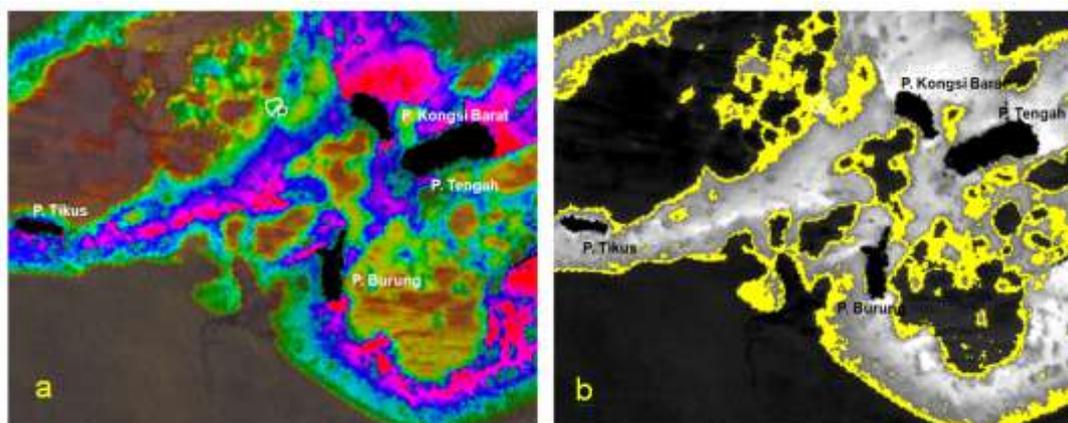
karang dan padang lamun adalah saluran hijau. Pada saluran spektral merah perbedaan respon spektral terumbu karang dan padang lamun tidak setinggi saluran hijau, tetapi perbedaan antara respon spektral terumbu karang dengan laguna pada saluran ini lebih tinggi dibandingkan dengan saluran hijau. Elvidge (2004) dalam kajiannya juga menyatakan hal yang sama, yaitu saluran hijau pada citra satelit IKONOS memberikan informasi spektral yang lebih baik pada karakteristik terumbu karang. Di daerah studi banyak ditemukan laguna yang membentuk cekungan yang relatif dalam pada bagian tengahnya. kualifikasi posisi tiap jenis ekosistem perairan dangkal di daerah kajian.

Lingkar merah pada *scattergram* menunjukkan posisi dimana piksel terumbu karang dan padang lamun sangat sulit untuk dibedakan. Untuk meningkatkan hasil pemetaan pada penelitian ini, piksel-piksel pada posisi tersebut dikelompokkan dalam kelas tersendiri dalam kelas asosiasi terumbu karang dan padang lamun. Semakin ke kiri (sesuai arah panah) pada gambar *scattergram* respon spektral terumbu karang tersebut akan mendekati nilai spektral area kelas laut. Pada area batas antara terumbu karang dan laut pada daerah studi ini banyak ditemukan laguna. Sehingga dalam klasifikasi digital *unsupervised* ditemukan banyak area laguna yang terklasifikasi menjadi terumbu karang. Hal inilah yang mengurangi nilai pada uji akurasi pada penelitian ini.

Area terumbu karang terlihat dengan warna hijau gelap hingga

hijau cerah (x). Warna hijau gelap menunjukkan area murni terumbu karang, sedangkan warna hijau cerah menunjukkan area asosiasi terumbu karang dan padang lamun. Warna kuning pada gambar menunjukkan area padang lamun. Laguna pada gambar ditampilkan dengan nama coklat. Dengan demikian, warna hijau kecoklatan menunjukkan area tersebut adalah terumbu karang yang berada pada laguna.

Ekstraksi nilai spektral terumbu karang pada penelitian ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu menggunakan klasifikasi digital *unsupervised* dan ekstraksi menggunakan metode *scattergram*. Klasifikasi *unsupervised* populer dilakukan pada proses pemetaan terumbu karang menggunakan Transformasi Lyzenga.



Gambar 10: Transformasi HSI (a) dan distribusi spasial terumbu karang (warna kuning) hasil ekstraksi dari HSI menggunakan *scattergram* (b).

Scattergram digunakan dalam ekstraksi terumbu karang pada citra hasil transformasi HSI. Gambar berikut ini menunjukkan layer tematik terumbu karang hasil ekstraksi menggunakan *scattergram* dari citra hasil transformasi HSI.

Ekstraksi menggunakan *scattergram* ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ER Mapper Ver 7.2. Selain layer terumbu karang (warna kuning pada gambar), ekstraksi ini juga menghasilkan algoritma untuk ekstraksi terumbu karang, yaitu;

If (Green Channel > 68.8) and (Green Channel < 96.7) and (Infrared > 8.9) and (Infrared Channel < 20.9) then i1 else NULL

Warna area sebaran terumbu karang (hijau gelap hingga hijau cerah) digunakan sebagai referensi pada proses penggunaan *scattergram* ini. Pada gambar terlihat, bahwa area yang berwarna hijau gelap sampai hijau terang pada citra hasil transformasi HSI dapat terpetakan dengan akurat dan ditampilkan dengan warna kuning. Hasil pemetaan area terumbu karang ini dibandingkan dengan area terumbu karang hasil pemetaan menggunakan metode *unsupervised* pada transformasi Lyzenga.

Survei lapangan dan uji akurasi dilakukan untuk kuatifikasi dan menilai metode yang relatif lebih baik untuk pemetaan area terumbu karang. Hasil analisa data survei yang menggunakan 4 stasiun LIT dan 81

stasiun Mantha-taw menunjukkan, bahwa pemetaan area terumbu karang menggunakan Transformasi HSI dengan ekstraksi menggunakan *scattergram* diperoleh akurasi yang sedikit lebih tinggi (88.1%). Hasil pemetaan terumbu karang menggunakan Koreksi Kolom Air dan Transformasi Lyzenga untuk menguatkan respon spektral terumbu karang serta klasifikasi *unsupervised* untuk ekstraksi area terumbu karang diperoleh akurasi lebih rendah (77,3%). Akurasi pemetaan terumbu karang ini lebih tinggi dari pada hasil pemetaan yang dilakukan oleh Amri (2010) dan Suciati (2008) menggunakan metode yang sama dengan *overall accuracy* 70,7% dan 87,2%.



Gambar 11.: Area terumbu karang pada lokasi stasiun survei 1 dan 4 di Gugusan P. Pari.

Perbedaan akurasi ini disebabkan oleh faktor perbedaan tingkat kekeruhan perairan, kedalaman terumbu karang, dan kondisi atmosfer pada saat perekaman citra. Luas area terumbu karang pada Gugusan Pulau Pari hasil pemetaan ini adalah 249,8 ha. *Scattergram* dapat menghasilkan area terumbu karang yang lebih akurat dibandingkan klasifikasi *unsupervised*. Hal ini disebabkan karena klasifikasi *unsupervised* tidak dapat mengidentifikasi batas area terumbu karang dengan ekosistem lain, seperti padang lamun dan laguna pada penelitian ini. Sedangkan pada *scattergram* hal tersebut dapat diidentifikasi dengan jelas. Kendatipun, memiliki kelebihan dalam akurasi, *scattergram* hanya optimal digunakan untuk pemetaan pada satu jenis ekosistem perairan.

Pemetaan pada 2 atau lebih ekosistem menggunakan metode ini tidak mudah untuk dilakukan secara teknis.

Kajian ini menunjukkan penggunaan *scattergram* dan klasifikasi *unsupervised* memberikan akurasi yang tinggi untuk pemetaan ekosistem perairan dangkal. Hal ini sesuai dengan hasil kajian Andrefouet (2009) yang juga menyimpulkan penggunaan citra satelit resolusi tinggi dapat digunakan untuk indentifikasi dan pemetaan kompleksitas ekosistem perairan dangkal. Metode ini juga dapat digunakan untuk perolehan informasi penting lain yang berupa luas area, pola sebaran dan morfometrik dari ekosistem terumbu karang pada suatu kawasan, seperti yang juga diuraikan dalam kajian pemetaan terumbu karang oleh Naseer (2004).

Kesimpulan dan Saran

Saluran hijau dan merah ALOS-AVNIR menghasilkan respon spektral relatif tinggi terhadap terumbu karang. Transformasi HSI relatif lebih baik dalam menguatkan (*highlighting*) respon spektral terumbu karang, dibandingkan Transformasi Principal Component 1 dan Lyzenga.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih penulis yang sebesar-besarnya kepada Ketua Jurusan Ilmu Kelautan FPIK UNDIP, kepada JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) Jepang dan kepada Kepala UPT Loka PKSM, Oseanografi LIPI di Pulau Pari,

Pemetaan area terumbu karang di Gugus P. Pari menggunakan Transformasi HSI untuk menguatkan respon spektral terumbu karang dan *scattergram* untuk ekstraksi area terumbu karang dapat menghasilkan akurasi 88,1%.

Jakarta atas ijin penggunaan fasilitas laboratorium komputasi dan laboratorium alam P. Pari serta penggunaan citra Satelit ALOS AVNIR pada penelitian ini.

Pustaka

- Amri, K., Takwir, A., Asmadin dan Siregar, V.P. 2010. *Kajian Akurasi Citra Satelit QuickBird Dengan Metode Differential Global Positioning System Untuk Klasifikasi Tipe Substrat Dasar Perairan Karang Congkak dan Karang Lebar, Kepulauan Seribu, Jakarta*. Jurnal Kelautan Nasional. Vol. 5, (1):1-15.
- Andrefouet, S., Cabioch, G. and Flamand, B. 2009. *A Reappraisal of The Diversity of Geomorphological and Genetic Processes of New Caledonian Coral Reef: a Synthesis from Optical Remote Sensing, Coring and Acoustic Multybeam Observations*. Springer-Verlag. Int. Journal. 28:691-707.
- Bryant, D., Burke, L., Manus, M. J and Spalding M. 1998. *Reef at Risk: A Map Based Indicator of Threats to the World's Coral Reef*. World Resources Institute (WRI). United States of America.
- Burke, L., Selig, E and Spalding, M. 2002. *Terumbu Karang yang Terancam di Asia Tenggara*. Versi Terjemahan. World Resources Institute. Washington, DC.
- Coy, M. and Johnston, K. 2001. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. ArcGIS Handbook-ESRI. Redlands. USA.
- Elvidge, D.C. and Dietz, J.B. 2004. *Satellite Observation of Keppel Islands (Great Barrier Reef) 2002 Coral Bleaching Using IKONOS Data*.

- Springer-Verlag. Int. Journal. 23: 123-132.
- ER Mapper. 2005. *ER Mapper User Guide Ver 7.0*. Earth Resource Mapping Ltd. Perth. Australia.
- Gaol, J.L., Arhatin, R.E., Manurung, D. dan Kawaru, M. 2007. *Pemetaan Sumberdaya Laut Pulau Nias Dengan Teknologi Penginderaan Jauh Satelit Pasca-Tsunami Tahun 2004*. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (ISSN 0853-4217). Vol. 12 (3), hlm 131-139.
- Giyanto dan Sukarno. 1997. *Perbandingan Komunitas Terumbu Karang Pada Dua Kedalaman dan Empat Zona yang Berbeda di Pulau-Pulau Seribu Jakarta*. Buletin Oseanologi dan Limnologi Indonesia, 30: 33-51
- Helmi, M. 2007. *Analisa Zonasi Ekosistem Alami Pulau Kecil Dengan Pendekatan Ekologi Lanskap D Pulau Karimunjama dan Kemujan Taman Nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah*. Thesis S-2. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 220 hlm.
- Holden, H and LeDrew, E. 1999. *Hyperspectral Identification of Coral Reef Features*. International Journal of Remote Sensing. 20 (13), 2545-2563.
- Hoodonk, R and Huber, M. 2009. *Quantifying the Quality of Coral Bleaching Predictions*. Springer-Verlag. Int. Journal. 28:579-587.
- Kendall, M.S., Miller, T.J. 2009. *Relationships among Map Resolution, Fish Assemblages and Habitat Variables in a Coral Ecosystem*. Springer Science and Business Media. Int. Journal. 637:101-119.
- Lyzenga, R.D. 1978. *Shallow Water Bathymetry Using Combined LIDAR and Passive Multispectral Scanner Data*. International Journal on Remote Sensing. Vol. 6: 21-36.
- Naseer, A and Hatcher, B.A. 2004. *Inventory of the Maldives' Coral Reef Using Morphometrics Generated from Landsat ETM+ Imagery*. Springer-Verlag. Int. Journal. 23:161-168.
- Nurjannah dan Siegar, V. 2008. *Analisis Karakteristik Reflektansi Karang Masif*. Torani. Journal (ISSN: 0853-4489). Vol 18 (1):64-71.
- Suciati dan Arthana, I.W. 2009. *Studi of Coral Reef Distribution around Bandung Strait using ALOS Satellite Data*. Ecotropica. Journal (ISSN: 1907-5626). 3 (2): 92-97.
- Suharsono, 1996. *Jenis-Jenis Karang Yang Umum Dijumpai di Perairan Indonesia*. Proyek Penelitian dan Pengembangan Daerah Pantai. P3O LIPI. Jakarta.