

Identifikasi Objek Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Worldview-2 di Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta

Kuncoro Teguh Setiawan, Yennie Marini, dan Gathot Winarso

Abstrak

Teknologi penginderaan dapat digunakan untuk pemetaan objek pada perairan dangkal. Hal ini berguna untuk kegiatan pemantauan dan pengelolaan ekosistem terumbu karang dan lamun. Pemetaan objek perairan dangkal dilakukan dengan menerapkan metode Lyzenga menggunakan 3 band pada spektrum visibel data penginderaan jauh. Meskipun dikategorikan data citra resolusi tinggi, penggunaan citra satelit WorldView-2 merupakan tantangan baru untuk pemetaan perairan dangkal dengan memiliki 6 band terletak pada spektrum visibel dapat terbentuk 20 pasang red green blue (RGB) dari algoritma Lyzenga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kombinasi RGB algoritma Lyzenga yang terbaik untuk klasifikasi habitat perairan dangkal menggunakan citra satelit WorldView-2 di Pulau Tidung, Kepulauan Seribu DKI Jakarta. Penelitian ini menggunakan band 2, 3, 4, 5, dan 8 dari citra satelit WorldView-2. Metode yang digunakan dengan menentukan kombinasi dari band yang digunakan untuk proses koreksi kolom air dengan algoritma Lyzenga. Kombinasi band terbaik yang dihasilkan untuk mengidentifikasi sebaran objek di perairan dangkal adalah kombinasi RGB dari Lyzenga pasangan b2-b5, b3-b5, dan b4-b5.

Kata Kunci: *Penginderaan Jauh, Lyzenga, WorldView-2, Pulau Tidung.*

Abstract

Remote sensing technology can be used for mapping objects in shallow water, it is useful for monitoring and management of coral reefs and seagrass. Object mapping shallow waters carried out by applying the method Lyzenga using three bands in visible spectrum remote sensing data. Although categorized as a high-resolution image data, the use of satellite imagery WorldView-2 is a new challenge for mapping shallow waters, with a 6 band lies in the visible spectrum can be formed 20 pairs of red green blue (RGB) of the algorithm Lyzenga. The purpose of this study is to determine the RGB combination Lyzenga best algorithm for shallow water habitat classification using WorldView-2 satellite imagery Tidung Island, Seribu Island, Jakarta. This study uses bands 2, 3, 4, 5, and 8 of the WorldView-2 satellite imagery. The method used to determine the combination of bands that are used for the correction of the water column with Lyzenga algorithm. The combination of the best bands generated to identify the distribution of objects in shallow water is a combination of RGB Lyzenga pair b2-b5, b3-b5, and b4-b5.

Keywords: Remote Sensing, Lyzenga, WorldView-2, Tidung Island.

1. Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh telah berkembang dengan pesat di Indonesia untuk berbagai bidang pembangunan dan pengelolaan sumberdaya alam. Pengolahan data penginderaan jauh untuk ekstraksi informasi terumbu karang dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu pengolahan awal termasuk di dalamnya koreksi sun glin, koreksi kolom air dan proses klasifikasi. Koreksi kolom air merupakan hal yang penting untuk menghindari kesalahan klasifikasi karena memiliki reflektan yang sama pada kedalaman yang berbeda, padahal sesungguhnya adalah objek yang berbeda. Proses klasifikasi adalah proses kunci yang merupakan proses penting untuk menghasilkan klasifikasi yang akurat.

Perkembangan sensor penginderaan jauh resolusi tinggi telah berkembang pesat, dengan dimulainya komersialisasi sensor yang awalnya hanya untuk keperluan militer. Pemanfaatan citra resolusi tinggi semakin marak dan berkembang di berbagai bidang pemanfaatan sejak tersedianya data IKONOS yang merupakan generasi awal citra resolusi tinggi. IKONOS menjadi salah satu pengembangan terpenting dalam sejarah umur dunia antariksa (Space Imaging, 2004). Sejak itu, muncul berbagai satelit dengan kemampuan menghasilkan citra resolusi tinggi lainnya seperti GeoEye, QuickBird, dan WorldView-1. Akan tetapi, perkembangan ini hanya pada sisi resolusi spasial, sedangkan resolusi spektral pada citra-citra resolusi tinggi tersebut hampir sama, bahkan dapat dikatakan minim jika dibandingkan dengan spektral citra resolusi menengah seperti seri Satelit Landsat. Pembedaan objek untuk objek-objek tertentu memang bisa ditingkatkan hanya dengan meningkatnya resolusi spasial saja. Akan tetapi ada objek-objek yang membutuhkan perbedaan spektral yang lebih sempit untuk bisa membedakan, terutama untuk parameter-parameter geo-bio-fisik yang hasil akhirnya berupa angka-angka

bukan bentuk sebuah objek sehingga perkembangan pesat dari sisi resolusi spasial tidak banyak memberikan peningkatan akurasi pada parameter-parameter tersebut.

Pada tanggal 8 Oktober 2009 telah diluncurkan satelit baru generasi kedua, yaitu WorldView-2 oleh Digital Globe. Satelit ini menggambarkan perkembangan inovasi terbaru di antara banyak sensor yang digunakan merekam citra penginderaan jauh. WorldView-2 memiliki kelebihan dalam kecerdasan karena sistem kontrol *moment gyros* seperti WorldView-1 dan memadukan rata-rata waktu pengulangan 1,1 hari mengelilingi bumi dengan kapasitas pengumpulan data pada skala besar. Lebih lanjut, WorldView-2 merupakan satelit komersial pertama yang mampu menyediakan citra pankromatik dengan resolusi spasial 46 cm dan 8 kanal citra multispektral dengan resolusi spasial 1,84 m (Tarantino *et al.*, 2012). WorldView-2 merupakan penggabungan kemampuan resolusi spasial dan resolusi spektral untuk perekaman data skala detail. Resolusi spasial yang tinggi mampu untuk membedakan objek secara sangat detail, seperti kendaraan, dangkalan terumbu dan bahkan individu pohon di kebun sedangkan resolusi spektral menyediakan informasi detail area yang beragam seperti kualitas permukaan jalan, kedalaman laut dan kesehatan tanaman. Tambahan kanal spektral juga akan mampu memperlihatkan pemandangan seperti kenyataan yang realistik sebagaimana mata memandang (Digital Globe, 2010).

Potensi data WorldView-2 adalah untuk identifikasi jenis dasar perairan yang bisa berupa terumbu karang, padang lamun ataupun objek yang lainnya. Indonesia memiliki terumbu karang yang luas dan memiliki karakteristik dengan keragaman hayati yang tinggi. Dalam 1 meter persegi terumbu karang, terdapat bermacam-macam jenis sehingga kemampuan dalam hal resolusi sangat berguna ditambah dengan jumlah kanal yang relatif banyak pada panjang gelombang sinar tampak. Beberapa kesulitan yang ditemukan dalam pemetaan terumbu karang akan bisa di atasi dengan data ini. Sebuah studi pendahuluan penggunaan kanal *yellow* bersama-sama

Identifikasi Objek Perairan Dangkal menggunakan Citra Satelit Worldview-2
di Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta

dengan kanal *red* dan *green* pada WorldView-2 meningkatkan akurasi klasifikasi secara signifikan, dibanding kanal standar saja (*red* dan *green*). Akurasi klasifikasi hanya menggunakan 2 kanal menghasilkan angka 73% dibanding penggunaan 3 kanal (memasukkan kanal *yellow*) menghasilkan akurasi 82% (Thulldahl *et al.*, 2011). Penelitian lain menyebutkan bahwa klasifikasi terawasi dari 8 kanal WorldView-2 bekerja dengan baik sesuai data *in-situ* (Lee *et al.*, 2011.). Walaupun hasil penelitian lain menemukan bahwa tidak ada peningkatan yang substansial dari hasil akurasi klasifikasi jenis substrat dasar dengan tambahan kanal *coastal blue* pada data WorldView-2 (Deidda dan Sanna, 2012).

Tabel 1.1 Spesifikasi Band WorldView-2

Band WorldView-2	
Band	Spesifikasi
Band 1	Coastal, (400–450 nm), 1.85 m
Band 2	Blue, (450–510 nm), 1.85 m
Band 3	Green, (510–580 nm), 1.85 m
Band 4	Yellow, (585–625 nm), 1.85 m
Band 5	Red, (630–690 nm), 1.85 m
Band 6	Red Edge, (705–745 nm), 1.85 m
Band 7	Near-Infrared 1, (770–895 nm), 1.85 m
Band 8	Near-Infrared 2, (860–1040 nm), 1.85 m
Pan	Panchromatic (450–800 nm), 0.46 m m

Sumber tabel: Digital Globe, 2010

Untuk objek-objek yang berada di bawah kolom air seperti terumbu karang, padang lamun, rumput laut, dan objek-objek yang terlarut/tersuspensi dalam kolom air memerlukan pengolahan khusus karena sebagian gelombang elektromagnetik diserap, dihamburkan serta diteruskan oleh kolom air. Faktor pembatas yang paling penting adalah

penyerapan oleh badan air. Penyerapan paling minimum ada di panjang gelombang sekitar 480 nm dan penyerapan rendah pada rentang 400–600 nm (Hale dan Querry, 1973). Hal ini menunjukkan potensi penggunaan WorldView-2 untuk mendeteksi objek-objek yang ada di bawah air maupun di kolom air, didukung dengan jumlah kanal dan lebar panjang gelombang tiap kanalnya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kombinasi RGB algoritma *lyzenga* yang terbaik untuk klasifikasi habitat perairan dangkal menggunakan citra satelit WorldView-2 di Pulau Tidung, Kepulauan Seribu, Jakarta. Pemilihan lokasi di Pulau Tidung, Kepulauan Seribu, Jakarta berdasarkan alasan bahwa lokasi tersebut merupakan daerah kawasan wisata bahari di Kepulauan Seribu yang menjadi salah satu tujuan wisata yang banyak diminati oleh wisatawan (Sudin Pariwisata dan Kebudayaan Kab. Adm. Kepulauan Seribu).

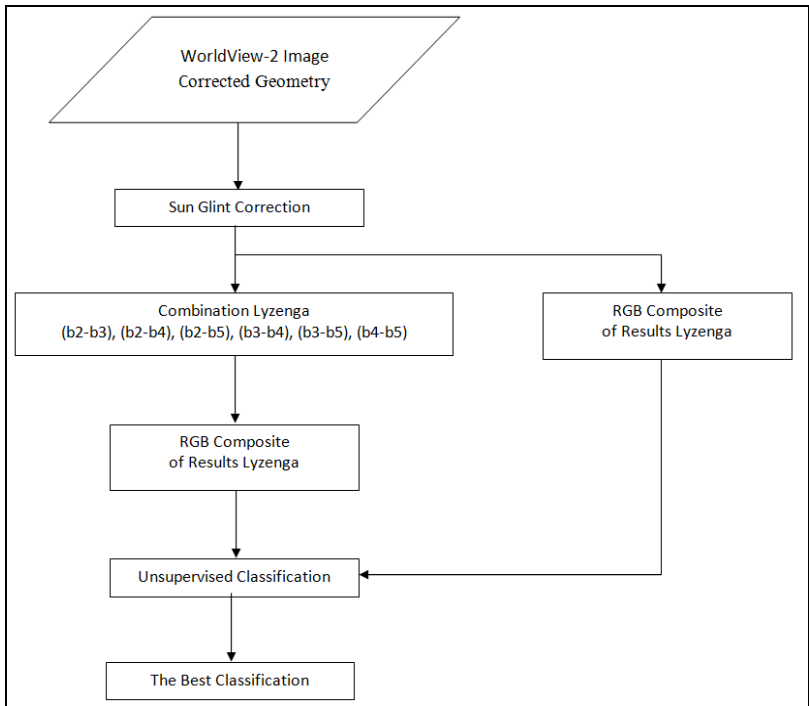
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perairan Pulau Tidung, Kepulauan Seribu DKI Jakarta yang secara geografis berada pada koordinat $5^{\circ} 44'38.21''$ – $5^{\circ} 49'46.73''$ LS dan $106^{\circ} 25'4.36''$ – $106^{\circ}34'11.47''$ BT (Gambar 2.1). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra WorldView-2 akuisisi tanggal 4 Desember 2011. Dari 9 kanal yang dimiliki WorldView-2, digunakan 5 kanal, yaitu kanal-kanal pada panjang gelombang *visible* (kanal 2, 3, 4, dan 5), serta NIR (kanal 8). Pemilihan ke-5 kanal tersebut didasarkan pada metode *Lyzenga*; yaitu menggunakan kanal-kanal *visible* untuk ekstraksi perairan dangkal dan kanal NIR untuk pemisahan darat dan laut. Diagram alir penelitian di tampilkan pada Gambar 2.2.

Identifikasi Objek Perairan Dangkal menggunakan Citra Satelit Worldview-2
di Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta



Gambar 2.1 Lokasi penelitian



Gambar 2.2 Diagram alir penelitian

Sun Glint Correction atau penghilangan efek *glint* pada umumnya dilakukan pada citra resolusi tinggi karena pada citra tersebut efek pantulan sinar matahari (*glint*) secara jelas dapat terlihat. Secara sederhana, efek *glint* adalah gangguan yang ditimbulkan pantulan sinar matahari oleh gelombang air laut. Gangguan yang tampak pada citra, berupa nilai piksel tinggi akibat pantulan sinar matahari oleh permukaan air laut yang membentuk sudut balik sempurna ke arah sensor. Akibat gangguan ini objek yang ada di bawah permukaan air terlihat samar atau bahkan tidak tampak pada citra. Pada penelitian ini persamaan untuk reduksi efek *glint* (*de-glint*) yang digunakan mengacu pada persamaan yang terdapat pada Pedoman Teknis Survei dan Pemetaan Terumbu Karang yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial, yaitu.

$$DeGlint = DN - (0,9185 \times (DN_{NIR} - DN_{NIR (minimum)})) \dots \dots \dots (1)$$

di mana: DN : Nilai digital

NIR : Near Infrared (band inframerah-dekat)

Band NIR yang digunakan pada penelitian ini adalah Band 8. Nilai 0,9185 dihasilkan dari regresi linear antara band spektrum inframerah sebagai rujukan dan band lainnya yang akan dikoreksi. Koreksi kolom air dilakukan dengan algoritma Lyzenga (1981), yaitu:

$$Y = \ln X(\lambda)_i - (k_i/k_j) \ln X(\lambda)_j \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{(a^2 + 1)} \qquad a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{jj}}{2\sigma_{ij}}$$

di mana: Y adalah indeks kedalaman invarian

$X(\lambda)_i$ dan $X(\lambda)_j$ nilai spektral pada band i dan j

k_i / k_j adalah koefisien atenuasi air dalam band i dan j.

Algoritma *Lyzenga* di bentuk dari pasangan 2 band yang di ambil dari 4 band *visible* yang digunakan, yaitu band 2–band 3, band 2–band 4, band 2–band 5, band 3–band 4, band 3–band 5 serta band 4–band 5, sehingga

terdapat 6 citra hasil penerapan algoritma *Lyzenga*. Untuk menentukan jumlah kombinasi RGB dari 6 citra hasil algoritma *Lyzenga* tersebut digunakan persamaan matematika, yaitu.

$$\binom{N}{3} = \frac{N!}{(3! \cdot (N-3)!)} \dots\dots\dots (3)$$

dimana: N = Jumlah kanal yang digunakan

Berdasarkan persamaan di atas maka jumlah kombinasi citra komposit (RGB) yang terbentuk dari 6 citra hasil algoritma *Lyzenga* yang digunakan pada penelitian ini adalah 20 kombinasi citra komposit. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi *unsupervised* dari semua citra komposit yang dibuat. Dari hasil klasifikasi inilah dipilih citra komposit mana yang terbaik untuk membedakan objek pada perairan dangkal seperti karang, lamun, dan pasir.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses koreksi kolom air *Lyzenga* (1978) dan *Lyzenga* (1981) mengacu terhadap cahaya yang akan mengalami pengurangan intensitas ketika berada di dalam kolom air. Pengurangan intensitas cahaya ini diakibatkan serapan (*absorption*) dan hamburan (*scattering*) oleh partikel-partikel (terlarut maupun tersuspensi) yang terdapat dalam air dan oleh molekul air itu sendiri (Kirk, 1994; Mobley, 1994; Bukata *et al.*, 1995 *dalam* Budhiman *et al.*, 2013). Dengan demikian, semakin dalam cahaya masuk ke dalam kolom air, semakin kecil intensitas cahaya yang masih terdapat di dalam kolom air. Seperti dijelaskan oleh hukum Beer-Lambert bahwa intensitas cahaya akan berkurang secara eksponensial terhadap perbedaan kedalaman, atau dapat ditulis sebagai berikut (Bukata *et al.*, 1995 *dalam* Budhiman *et al.*, 2013):

$$I_z = I_0 e^{-fkz} \dots\dots\dots (4)$$

Di mana I_z adalah intensitas cahaya pada kedalaman z , I_0 adalah intensitas cahaya awal atau pada kedalaman 0 (di permukaan air), f adalah nilai faktor geometrik, k adalah nilai koefisien atenuasi, dan z adalah kedalaman.

Perhitungan koreksi kolom air dipengaruhi oleh rentang dari kanal yang digunakan. Rentang kanal ini akan memengaruhi seberapa dalam kanal tersebut dapat mendeteksi substrat dasar perairan, atau biasa disebut sebagai *depth of penetration*. Perhitungan *depth of penetration* dari kanal yang akan digunakan menjadi penting karena akan mempengaruhi nilai rasio kanal tersebut dengan kanal lain sehingga pengambilan *training sample* dapat dibatasi pada daerah *depth of penetration* yang maksimum dari masing-masing kanal (Vanderstraete *et al.*, 2004 dalam Budhiman *et al.*, 2013).

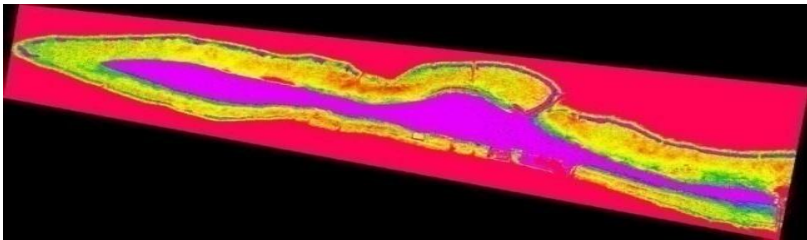
Oleh karena itu, perhitungan *depth of penetration* kajian ini menggunakan 5 band dari citra satelit WorldView-2 yang terdiri atas 4 band yang mampu menembus perairan dan 1 band NIR yang digunakan untuk melakukan koreksi sunglint. Ke-4 band tersebut adalah band 2, band 3, band 4 dan band 5 yang masing-masing memiliki resolusi spasial 1,84 meter. Pengolahan data dimulai dengan koreksi sunglint, koreksi tersebut dilakukan berdasarkan persamaan (1) dengan menggunakan band 8 sebagai band NIR.

Selanjutnya dilakukan penggabungan band untuk mendapatkan ketajaman objek dan warna komposit yang optimal. Proses fusi multispektral dilakukan dengan memilih 3 band yang digunakan untuk membuat gambar komposit merah, hijau, dan biru (RGB). Pilihan *image* RGB komposit untuk mendapatkan kenampakan yang optimal dari data citra satelit WorldView-2 adalah komposit RGB 532. Dari citra komposit tersebut kemudian dilakukan penajaman untuk memperjelas kenampakan pada citra, terutama pada objek substrat dasar perairan dangkal. Citra RGB itulah yang di jadikan acuan untuk melakukan verifikasi hasil pengolahan klasifikasi objek dasar perairan menggunakan algoritma *lyzenga*.

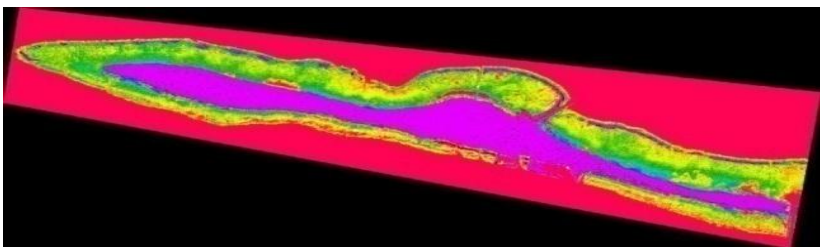
Identifikasi Objek Perairan Dangkal menggunakan Citra Satelit Worldview-2
di Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta

Algoritma *lyzenga* dilakukan terhadap 4 band dari citra WorldView 2, yaitu band 2 (b2), band 3 (b3), band 4 (b4), dan band 5 (b5). Kombinasi algoritma *lyzenga* yang di buat dari 4 band tersebut adalah kombinasi b2-b3, b2-b4, b2-b5, b3-b4, b3-b5, serta b4-b5. Dari setiap kombinasi kombinasi band tersebut kita dapatkan hasil *lyzenga*-nya yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

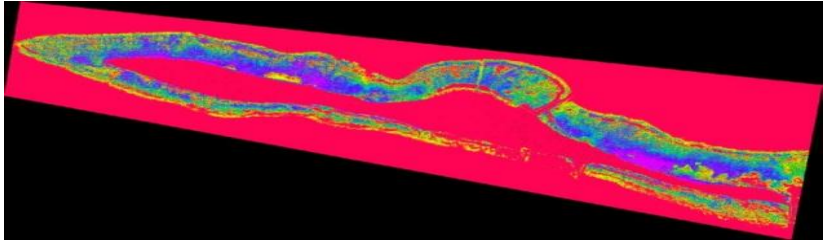
Proses selanjutnya adalah membuat 20 pasangan RGB dari 6 buah pasangan *Lyzenga*. Dari 20 buah pasangan RGB tersebut terdapat 3 pasangan yang memiliki hasil klasifikasi yang terbaik. Ketiga pasang RGB tersebut adalah RGB b2-b4, b3-b5, b4-b5, kemudian RGB b2-b5, b3-b5, b4-b5 serta RGB b3-b4, b3-b5, b4-b5. Hasil klasifikasi dari komposit ketiga RGB tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



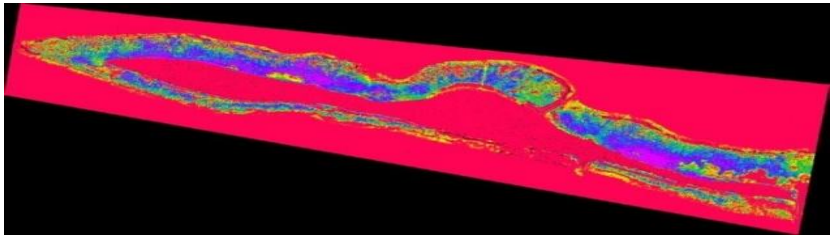
Lyzenga Kombinasi b2-b4



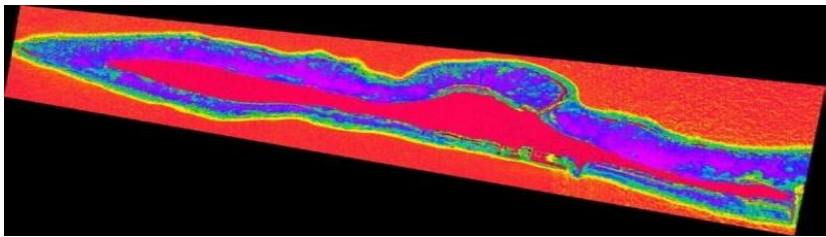
Lyzenga Kombinasi b2-b5



Lyzenga Kombinasi b3-b4



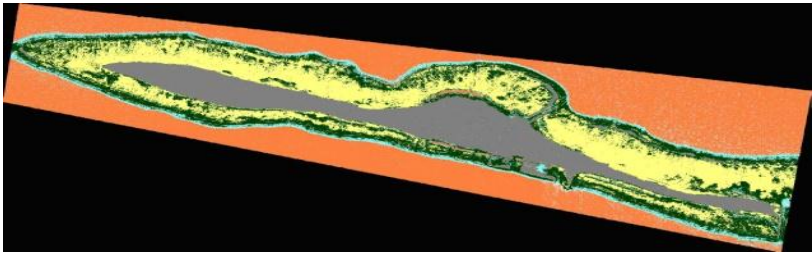
Lyzenga Kombinasi b3-b5



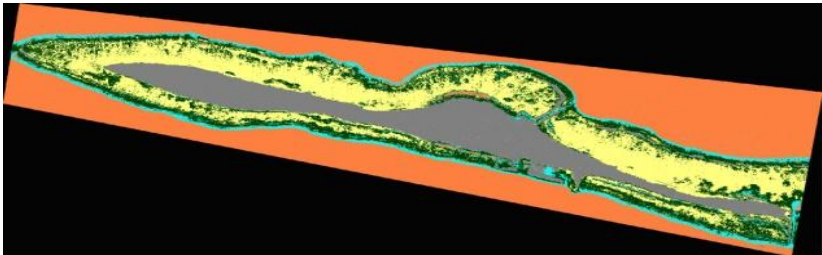
Lyzenga Kombinasi b4-b5

Gambar 3.1 Hasil kombinasi algoritma *lyzenga*

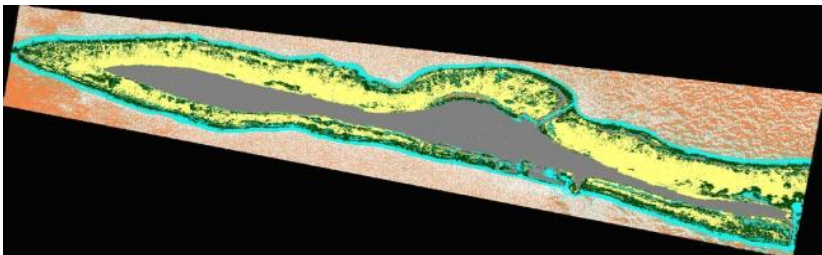
Identifikasi Objek Perairan Dangkal menggunakan Citra Satelit Worldview-2
di Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta



RGB (b2-b4), (b3-b5), (b4-b5)



RGB (b2-b5), (b3-b5), (b4-b5)



RGB (b3-b4), (b3-b5), (b4-b5)

Gambar 3.2 Hasil klasifikasi dari citra komposit *lyzenga*

Ketiga hasil klasifikasi tersebut merupakan hasil klasifikasi yang terbaik dari 20 pasang RGB yang dibuat. Penentuan klasifikasi tersebut merupakan hasil yang terbaik itu berdasarkan persentase daerah yang tidak berubah ketika proses klasifikasi dilakukan. Proses klasifikasi dilakukan

secara otomatis oleh peranti lunak dengan menggunakan metode *unsupervised*. Hasil klasifikasi dari kombinasi RGB b2-b4, b3-b5, b4-b5 menghasilkan laporan tidak terjadinya perubahan sebesar 98%.

Hasil klasifikasi dari kombinasi RGB b2-b5, b3-b5, b4-b5 menghasilkan laporan tidak terjadinya perubahan sebesar 98%. Sementara hasil klasifikasi dari kombinasi RGB b3-b4, b3-b5, b4-b5 menghasilkan laporan tidak terjadinya perubahan sebesar 98%. Hasil klasifikasi terbaik dari sepasang kombinasi *Lyzenga* (b2-b5), (b3-b5), (b4-b5) dengan mengacu pada tidak ada perubahan dalam hasil klasifikasi terbesar adalah 99%.

5. Kesimpulan

Dalam menentukan distribusi habitat dasar laut di wilayah Tidung digunakan algoritma kombinasi *Lyzenga* band 2, band 3, band 4 dan band 5 dari citra satelit WorldView-2. Kombinasi komposit RGB terbaik dari *Lyzenga* diperoleh dari pasangan (b2-b5), (b3-b5), (b4-b5). Hasil kenampakan klasifikasi dari kombinasi RGB tersebut dapat di bandingkan dengan dengan kombinasi RGB 532 citra satelit Worldview-2 sebagai verifikasi secara visual untuk sebaran objek di perairan dangkal sekitar Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta.

Daftar Pustaka

- BIG. 2014. Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Dangkal. Peraturan Kepala BIG No. 8 Tahun 2014.
- Budhiman, S., Winarso, G., dan Asriningrum, W. 2013. *Pengaruh Pengambilan Training Sample Substrat Dasar Berbeda pada Koreksi Kolom Air Menggunakan Data Penginderaan Jauh*. Jurnal

Identifikasi Objek Perairan Dangkal menggunakan Citra Satelit Worldview-2
di Pulau Tidung Kepulauan Seribu DKI Jakarta

Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vo. 10 No. 2
Desember 2013.

- Deidda, M. dan Sanna, G. 2012. *Pre-processing of High Resolution Satellite Images for Sea Bottom Classification*. Italian Journal of Remote Sensing-2012, 44 (1): 83–95 doi: 10.5721/ItJRS20124417.
- Digital Globe. 2010. *The Benefit of the Eight Spectral Band of WorldView-2*.
- Hale, G.M. dan Querry, M.R. 1973. *Optical Constants of Water in the 200-nm to 200-Mm Wavelength Region*. Journal of Applied Optics Vol. 12, No. 3 March 1973.
- Lee, K.R., Kim, A.M., Olsen, R.C., dan Kruse, F.A. 2011. *Determination of Bottom-type and Bathymetry Using WorldView-2*. Proceeding SPIE 8030, Ocean Sensing and Monitoring III, 80300D (May 04, 2011); doi:10.1117/12.883578
- Lyzenga, D.R. 1978. *Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Feature*. Applied Optics, 17(3), 379–383.
- Lyzenga, D.R. 1981. *Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data*. International Journal of Remote Sensing, 2(1), 71–82.
- Space Imaging. 2004. *Vote for the Top 10 IKONOS Satellite Images Taken During 2004*. Written by Space Imaging Thursday, 23 December 2004. [Http://www.amerisurv.com/content/view/2198/2/](http://www.amerisurv.com/content/view/2198/2/)
- Sudin Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Kepulauan Seribu. Jumlah Wisatawan Kepulauan Seribu, 2010-2013.
<http://kepulauanseribukab.bps.go.id/index.php?hal=tabel&id=18>. Diakses tanggal 13 Oktober 2014.

- Tarantino, C., Adamo, M., Pasquariello, G., Lovergine, F., Blonda, P., dan Tomaselli, V. 2012. *8-Band Image Data Processing of the Worldview-2 Satellite in a Wide Area of Applications, Earth Observation*, Dr. Rustam Rustamov (Ed.), ISBN: 978-953-307-973-8, InTech.
- Tulldahl, H.M., Philipson, P., dan Tolt, G. 2011. *Sea Floor Classification with WorldView-2 and Bathymetry Data*. Proceeding of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment. Sydney, Australia 10-15 April 2011.