

PENGARUH PENGAMBILAN *TRAINING SAMPLE* SUBSTRAT DASAR BERBEDA PADA KOREKSI KOLOM AIR MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH (EFFECT OF TRAINING SAMPLE OF DIFFERENT BOTTOM SUBSTRATES ON WATER COLUMN CORRECTION USING REMOTE SENSING DATA)

Syarif Budhiman, Gathot Winarso, dan Wikanti Asriningrum
Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN
e-mail: syarif.budhiman@lapan.go.id
Diterima 8 Juli 2013; Disetujui 16 Oktober 2013

ABSTRACT

Lyzenga (1978, 1981) developed a method to correct the water column using a ratio of bottom waters substrates reflectance on 2 (two) different bands, assuming that the ratio is the same for a different bottom type. The problem arise when the Lyzenga method was being simplified. In this case by sampling different bottom substrates as input. This study aims to compare the effects of the simplification process with the result of the calculation using the actual Lyzenga method. The calculation of water column correction followed the process described in the guide by UNESCO (1999) and Green et al (2000). The results showed that samples from two different substrates which has a very different radiance (reflectance) increased the index value of the substrate in deeper water.

Keywords: *Water column correction, Bottom water substrates, Remote sensing*

ABSTRAK

Lyzenga (1978, 1981) membuat metode untuk mengkoreksi kolom air menggunakan rasio pantulan dari dasar perairan pada 2 (dua) kanal yang berbeda, dengan asumsi bahwa nilai rasio tersebut akan sama untuk berbagai macam substrat dasar perairan. Permasalahannya adalah terindikasinya penyederhanaan metode Lyzenga dalam proses perhitungannya, diantaranya dengan pengambilan sampel dasar perairan yang tidak homogen. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh dari proses penyederhanaan tersebut terhadap hasil perhitungan menggunakan metode Lyzenga yang sebenarnya. Proses perhitungan koreksi kolom air mengikuti proses yang telah dijelaskan dalam panduan oleh UNESCO (1999) dan Green et al (2000). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengambilan *training sample* dari dua substrat dasar yang memiliki nilai radiansi yang berbeda akan membuat nilai substrat yang berada pada perairan yang lebih dalam memiliki nilai indeks yang lebih tinggi.

Kata kunci: *Koreksi kolom air, Substrat dasar perairan, Penginderaan jauh*

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah laut kurang lebih 70% dan pulau lebih dari 10.000 buah. Wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil menyimpan

potensi sumberdaya yang besar untuk pembangunan nasional. Potensi sumberdaya pesisir dan pulau-pulau kecil antara lain ekosistem terumbu karang. Indonesia memiliki lebih kurang 60.000 km² atau satu per delapan dari

luas total terumbu karang yang terdapat di seluruh belahan dunia (Dahuri, 1999). Angka luasan tersebut lebih besar dari estimasi *World Resources Institute* (WRI) melalui *Reef at Risk project* (Projek Terumbu Karang yang terancam) yang mengestimasi luas terumbu karang di Indonesia sekitar 51.000 km², tetapi belum termasuk terumbu karang yang berada di wilayah terpencil (Burke et al., 2002). Ekosistem terumbu karang mempunyai nilai dan arti yang sangat penting baik dari segi ekologi perairan laut maupun dari segi sosial ekonomi dan budaya (Suharsono, 1995). Keberadaan ekosistem terumbu karang yang produktif dapat mendukung industri perikanan dan kehidupan nelayan setempat. Salah satu cara untuk mendeteksi dan memetakan ekosistem terumbu karang adalah dengan memanfaatkan data penginderaan jauh.

Telah banyak penelitian yang menggunakan data penginderaan jauh untuk melakukan identifikasi terumbu karang (Maritorena, 1996; Siregar, 1996; Rauf dan Yusuf, 2004; Vanderstraete et al., 2004; Suciati dan Arthana, 2008; Hamylton, 2011; Helmi et al., 2011). Salah satu tahapan yang umum dilakukan dalam pengolahan data adalah proses koreksi kolom air. Salah satu metode koreksi kolom air adalah menggunakan pendekatan yang dilakukan oleh Lyzenga (1978, 1981). Pendekatan yang dilakukan oleh Lyzenga (1978, 1981) menggunakan rasio pantulan dari dasar perairan pada 2 (dua) kanal yang berbeda, dengan asumsi bahwa nilai rasio tersebut akan sama untuk berbagai macam substrat dasar perairan (misalnya terumbu karang, lamun dan pasir). Metode Lyzenga ini dikenal dengan nama metode “*depth-invariant index*” atau metode “*water column correction*” (koreksi kolom air).

Pada prosesnya, perhitungan nilai rasio tersebut diambil dari substrat yang sama pada kedalaman yang berbeda. Dengan demikian, perubahan intensitas cahaya hanya diakibatkan oleh kondisi kolom air dan bukan diakibatkan oleh

pantulan substrat yang berbeda. Pengambilan sampel pada substrat dasar yang tidak homogen kemungkinan akan mengakibatkan nilai koefisien atenuasi (k_i/k_j) yang tidak rasional dan akan mempengaruhi nilai “*depth-invariant index*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pengambilan training sampel pada substrat dasar yang berbeda dalam menghitung nilai koefisien k_i/k_j .

2 LANDASAN TEORI

Cahaya 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). Sehingga, semakin dalam cahaya masuk kedalam 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):

$$I_z = I_0 e^{-fkz} \quad (2-1)$$

dimana 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.

Pengurangan intensitas cahaya akibat adanya peningkatan kedalaman perairan ini dikenal sebagai atenuasi. Besaran atenuasi berbeda antar panjang gelombang cahaya. Atenuasi pada panjang gelombang merah (sekitar 700 nm) akan lebih besar dibandingkan dengan panjang gelombang biru (sekitar 400 nm) karena serapan (*absorption*) pada panjang gelombang merah lebih besar dibandingkan pada panjang gelombang biru (Bukata et al., 1995;

Green et al., 2000). Oleh karena itu, nilai koefisien atenuasi (k) pada persamaan (2-1) akan berbeda pada panjang gelombang cahaya yang berbeda. Hal ini menyebabkan suatu obyek yang sama di dalam air akan memiliki karakteristik spektra (*spectral signature*) yang berbeda apabila berada pada kedalaman perairan yang berbeda.

Keberadaan kolom air akan mempengaruhi proses ekstraksi informasi substrat dasar perairan dengan menggunakan data penginderaan jauh. Apabila mengikuti hukum Beer-Lambert seperti pada persamaan (2-1), maka nilai radiansi (L) yang diterima oleh sensor satelit (dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, pantulan permukaan air dan perbedaan kedalaman) dapat ditulis sebagai persamaan berikut (Lyzenga, 1978; Green et al., 2000; Vanderstraete et al., 2004):

$$L_i = L_{si} + (a_i \cdot R_{bi})e^{-fk_i z} \quad (2-2)$$

dimana L_i adalah radiansi yang diterima oleh sensor satelit, L_{si} adalah radiansi pada perairan laut dalam (radiansi yang diterima oleh sensor yang berasal dari perairan laut dalam merupakan pengaruh dari kondisi atmosfer, karena pada perairan laut dalam radiansi lebih banyak diserap oleh air), a_i adalah konstanta pengaruh atmosfer dan pantulan permukaan air pada panjang gelombang i , R_{bi} adalah pantulan dari dasar perairan (misalnya pantulan dari terumbu karang), f adalah nilai faktor geometrik, k_i adalah nilai koefisien atenuasi pada panjang gelombang i dan z adalah kedalaman.

Persamaan (2-2) memiliki beberapa konstanta yang tidak diketahui, sehingga menyulitkan dalam melakukan perhitungan. Lyzenga (1978, 1981) membuat metode untuk koreksi kolom air yang tidak terlalu bergantung dengan nilai-nilai konstanta yang ada pada persamaan (2-2) dengan menggunakan rasio pantulan dari dasar perairan pada 2 (dua) kanal yang berbeda. Metode Lyzenga dapat turunkan dari hukum

intensitas cahaya Beer-Lambert pada persamaan (2-1), secara matematika berdasarkan keberadaan kanal i pada sensor satelit sebagai berikut:

$$\ln(I_i) = \ln(I_{0i}e^{-fk_i z}) \quad (2-3)$$

$$\ln(I_i) = \ln(I_{0i}) + \ln(e^{-fk_i z}) \quad (2-4)$$

$$\ln(I_i) - \ln(I_{0i}) = -fk_i z \quad (2-5)$$

kemudian rasio dari 2 buah kanal (kanal i dan j) merupakan rasio persamaan (2-5) pada kanal i dan j , menjadi:

$$\frac{\ln(I_i) - \ln(I_{0i})}{\ln(I_j) - \ln(I_{0j})} = \frac{-fk_i z}{-fk_j z} \quad (2-6)$$

nilai konstanta f (nilai faktor geometrik) dan z (kedalaman) dapat dihilangkan karena nilai tersebut habis dibagi oleh nilai konstanta itu sendiri, sehingga persamaan (6) menjadi

$$\ln(I_i) - \ln(I_{0i}) = \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_j) - \ln(I_{0j})) \quad (2-7)$$

$$\ln(I_i) - \ln(I_{0i}) = \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_j)) - \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_{0j})) \quad (2-8)$$

$$\ln(I_i) - \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_j)) = \ln(I_{0i}) - \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_{0j})) \quad (2-9)$$

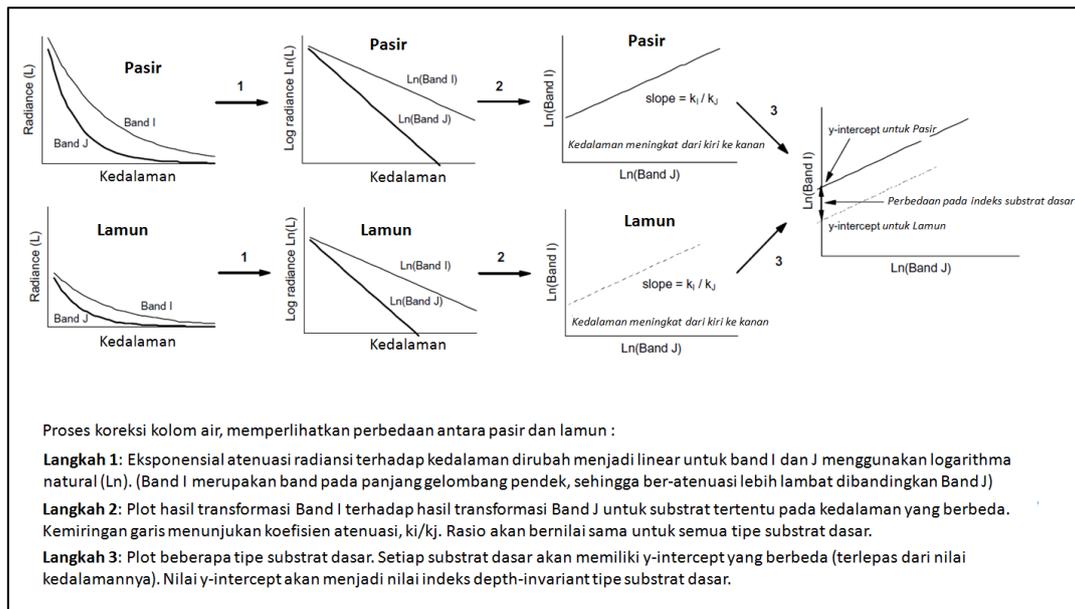
Sehingga apabila *depth-invariant index* adalah rasio dari intensitas cahaya pada kanal i dan j , maka persamaan (2-9) merupakan persamaan *depth-invariant index* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{depth invariant index} &= \ln(I_i) - \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_j)) \\ &= \ln(I_{0i}) - \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_{0j})) \end{aligned} \quad (2-10)$$

Terdapat dua informasi pada ruas kanan pada persamaan (2-10) yaitu nilai indeks pada kedalaman tertentu (I_i dan I_j) dan nilai indeks pada permukaan air, dimana intensitas cahaya belum berkurang (I_{0i} dan I_{0j}). Nilai pada kondisi cahaya belum berkurang (I_0) tersebut dapat diabaikan, karena nilai indeks yang ingin diketahui adalah pada kedalaman dimana substrat dasar perairan yang akan diukur berada. Dengan demikian, persamaan (2-10) dapat disederhanakan lagi menjadi

$$\text{depth invariant index} = \ln(I_i) - \frac{k_i}{k_j} (\ln(I_j)) \quad (2-11)$$

Kemudian, Lyzenga (1981) menjelaskan bahwa jika suatu pengukuran radiansi



Gambar 2-1: Grafik tahapan proses koreksi kolom air (UNESCO, 1999; Green et al., 2000).

dilakukan pada substrat perairan yang sama tetapi berada pada kedalaman yang bervariasi, akan memberikan korelasi *linear* diantara nilai radiansi pada kanal *i* dan *j*. *Slope* atau *gradient* pada korelasi *linear* tersebut merupakan pendekatan terhadap nilai rasio koefisien atenuasi diantara kanal *i* dan *j*, dan nilai rasio k_i/k_j tersebut akan sama untuk semua jenis substrat dasar perairan (Gambar 2-1).

3 METODE

3.1 Data

Data yang digunakan adalah data WorldView-2. Data ini meliputi wilayah Pulau Tidung yang terdapat di perairan Kepulauan Seribu, Jakarta, dengan tanggal liputan 4 Desember 2011. WorldView-2 memiliki resolusi spasial 1.84 m dan terdiri dari 8 kanal. Kanal gelombang cahaya tampak yang dapat menembus kolom air terbagi dalam 6 kanal dengan rentang gelombang cahaya antara 400 nm sampai dengan 745 nm (DigitalGlobe, 2010). Data didapat dari kegiatan pelatihan pemanfaatan data penginderaan jauh untuk pemetaan terumbu karang, kerjasama antara Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dengan Badan Pemeriksa Keuangan (BPK), yang dilaksanakan pada tanggal 1-5 Oktober

2012. Dalam pelaksanaannya dilakukan juga survey lapangan pada tanggal 3 Oktober 2012 ke Pulau Tidung.

3.2 Konversi Nilai Digital (DN) Menjadi Nilai Radiansi

Data WorldView-2 dikonversi menjadi nilai radiansi menggunakan modul "WorldView Radiance" dalam software ENVI. Data dalam nilai radiansi sudah dapat digunakan untuk seluruh proses perhitungan dalam penelitian ini sehingga tidak perlu lagi dikonversi menjadi nilai reflektansi (Vanderstraete et al., 2004).

3.3 Koreksi Atmosfer

Sebelum dilakukan koreksi kolom air, dilakukan koreksi atmosfer terlebih dahulu berdasarkan metode pengurangan piksel gelap (*dark pixel subtraction*). Rata-rata nilai radiansi perairan laut dalam (kedalaman > 50 m) digunakan sebagai nilai pengurang dari nilai radiansi pada seluruh piksel. Asumsi yang digunakan adalah seluruh cahaya gelombang tampak di perairan laut dalam akan diserap, sehingga nilai radiansi yang terekam pada sensor merupakan nilai radiansi akibat pengaruh kondisi atmosfer (Green et al., 2000; Vanderstraete et al., 2004). Selain itu, juga diasumsikan bahwa pengaruh atmosfer dan kondisi permukaan air

adalah sama untuk seluruh piksel, sehingga metode tersebut dapat digunakan (Vanderstraete et al., 2004). Seperti disarankan oleh Armstrong (1993), maka nilai rata-rata radiansi perairan laut dalam tersebut dikurangi dengan 2 kali *standard deviation* dari rata-rata nilai radiansi perairan laut dalam (UNESCO, 1999; Green et al., 2000).

3.4 Koreksi Kolom Air Metode Lyzenga

Setelah seluruh data terkoreksi atmosfer, kemudian dilakukan koreksi pengaruh kolom air. Pada proses ini digunakan metode Lyzenga. Perhitungan matematika koreksi kolom air ditulis secara sederhana sebagai persamaan berikut (Green et al., 2000)

$$\begin{aligned} \text{depth invariant index} &= \ln(L_{atcor_i}) \\ &- \frac{k_i}{k_j} (\ln(L_{atcor_j})) \end{aligned} \quad (3-1)$$

nilai rasio koefisien atenuasi k_i/k_j tidak langsung diperoleh dari hasil persamaan korelasi linear (Gambar 2-1), tetapi dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rata-rata akar *deviation* (simpangan) terkecil terhadap garis korelasi *linear* (Lyzenga, 1981).

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{(a^2 + 1)} \quad (3-2)$$

$$a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{jj}}{2\sigma_{ij}} \quad (3-3)$$

dimana k_i/k_j adalah rasio koefisien atenuasi, σ_{ii} adalah nilai *variance* dari kanal i , σ_{jj} adalah nilai *variance* dari kanal j , dan σ_{ij} adalah nilai *covariance* dari kanal i dan j .

3.5 Koreksi Kolom Air Dengan Pengambilan Sampel Substrat yang Tidak Sama

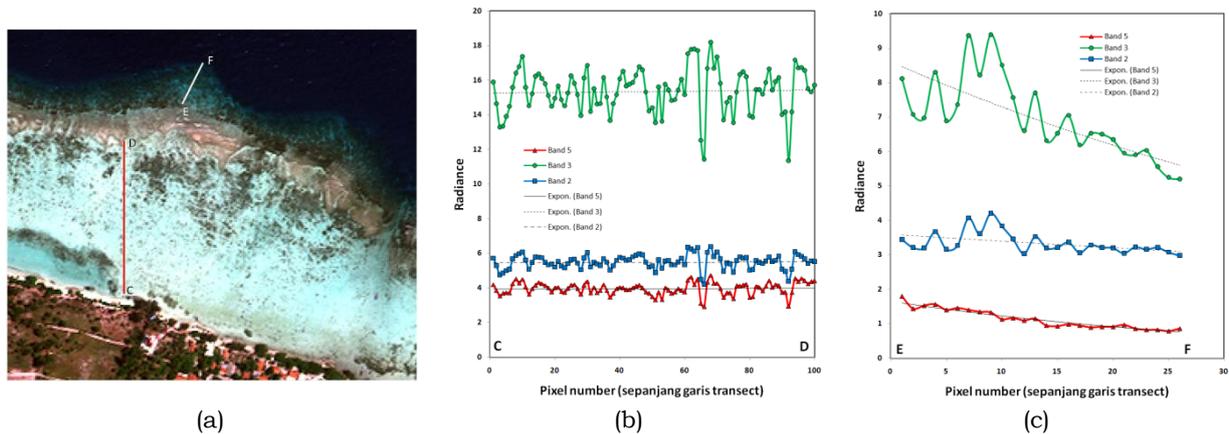
Untuk mendapatkan nilai indeks yang benar, maka persyaratan dalam penggunaan metode Lyzenga (1981) adalah (a) pengambilan *training sample* harus dilakukan terhadap substrat perairan yang sama, dan (b) *training sample* tersebut harus mewakili

kedalaman yang bervariasi. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil indeks yang didapat, dengan pengambilan *training sample* yang dilakukan tidak mewakili substrat perairan yang sama.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perhitungan koreksi kolom air dilakukan terhadap data WorldView-2 yang telah terkoreksi atmosfer. Berdasarkan pemantauan saat survey lapangan, kondisi perairan dangkal di sekitar Pulau Tidung di dominasi oleh substrat pasir. Substrat pasir tersebut berada pada kedalaman yang relatif sama, sehingga untuk pengujian proses perhitungan koreksi kolom air perlu dipilih wilayah perairan yang dipengaruhi oleh perbedaan kedalaman. Gambar 4-1 (a) memperlihatkan posisi garis transek untuk melihat pengaruh perhitungan kolom air. Garis transek dari piksel C ke piksel D memiliki kedalaman yang relatif sama, sesuai dengan informasi survey lapangan. Hal tersebut juga dibuktikan dari grafik tren garis eksponensial nilai radiansi pada transek tersebut yang mendatar (Gambar 4-1 (b)). Untuk pengujian hasil koreksi kolom air, maka dibuat garis transek baru dari piksel E ke piksel F yang didominasi oleh karang campur (piksel gelap) dan substrat pasir (piksel terang). Terlihat tren perubahan nilai radiansi dari piksel E ke piksel F mengalami penurunan, yang diakibatkan oleh perubahan kedalaman (Gambar 4-1(c)).

Perhitungan koreksi kolom air dipengaruhi oleh rentang dari kanal yang digunakan. Rentang kanal ini akan mempengaruhi seberapa dalam kanal tersebut dapat mendeteksi substrat dasar perairan, atau biasa disebut sebagai *depth of penetration*. Pada Gambar 2(c) terlihat kanal 5 sensor WorldView-2 (630-690 nm) tidak mampu untuk membedakan antara radiansi substrat pasir dan substrat karang campur, berbeda dengan yang diperlihatkan oleh grafik kanal 2 (450-510 nm) dan kanal 3 (510-580 nm).



Gambar 4-1: (a) Gambar WorldView-2 image sebagian Pulau Tidung dan posisi garis transek; (b) Grafik nilai radiansi pada transek piksel C ke piksel D; (c) Grafik nilai radiansi pada transek piksel E ke piksel F

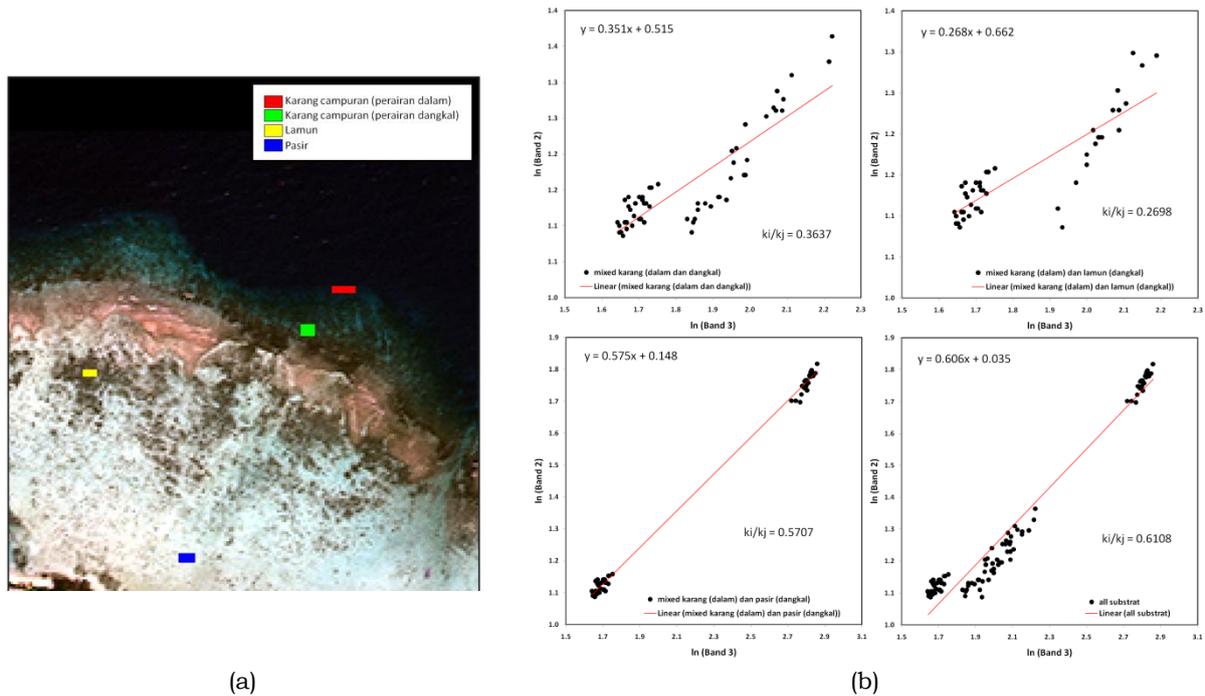
Perhitungan *depth of penetration* dari kanal yang akan digunakan menjadi penting karena akan mempengaruhi nilai rasio kanal tersebut dengan kanal lain, sehingga pengambilan *training sample* dapat dibatasi pada daerah *depth of penetration* yang maksimum dari masing-masing kanal (Vanderstraete et al., 2004).

Selain itu, pengetahuan tentang kedalaman perairan juga diperlukan. Seperti dijelaskan sebelumnya bawah salah satu syarat penggunaan metode Lyzenga adalah adanya variasi kedalaman. Dengan resolusi spasial 50 cm, pemilihan *training area* untuk wilayah perairan dengan kedalaman berbeda di Pulau Tidung tentu tidak menjadi masalah. Permasalahan akan timbul apabila seluruh wilayah perairan terumbu karang yang akan dilakukan *training sample* berada pada kedalaman yang sama. Pengaruh ini kemungkinan akan lebih terlihat apabila menggunakan resolusi spasial yang lebih rendah (misalnya Landsat dengan resolusi spasial 30 m).

Lyzenga (1981) menjelaskan bahwa untuk mendapatkan korelasi *linear* yang benar, maka perlu dilakukan *training sample* pada substrat dasar perairan yang sama untuk kedalaman yang berbeda. Penelitian ini mencoba melihat pengaruh pengambilan *training sample* pada substrat dasar perairan yang berbeda dengan kedalaman yang berbeda. Pengambilan *training sample* dilakukan

pada data WorldView-2 seperti terlihat pada Gambar 4-2(a). Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rasio koefisien atenuasi k_i/k_j . Data *training sample* tersebut kemudian diplotkan pada grafik untuk 2 kanal yang berbeda. Ada 4 kombinasi *plotting* data hasil *training sample* yang dilakukan (Gambar 4-2(b)) yaitu: (1) *plot* antara data karang campur di perairan dalam dengan data karang campur di perairan lebih dangkal, (2) *plot* antara data karang campur di perairan dalam dengan data lamun di perairan lebih dangkal, (3) *plot* antara data karang campur di perairan dalam dengan data pasir di perairan lebih dangkal, (4) *plot* antara data karang campur di perairan dalam dengan seluruh data substrat dasar di perairan lebih dangkal.

Pengambilan *training sample* pada substrat dasar perairan yang berbeda, akan mempengaruhi nilai rasio koefisien atenuasi k_i/k_j (Gambar 4-2(b)). Untuk substrat yang sama (karang campur), nilai k_i/k_j yang diperoleh adalah 0.3637. Sedangkan untuk substrat karang campur dan lamun, nilai tersebut menurun menjadi 0.2698. Penurunan nilai tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh serapan klorofil yang ada pada kanal 3, sehingga nilai radiansi substrat lamun menjadi kecil dan nilai rasio atenuasi menjadi kecil. Peningkatan nilai k_i/k_j terjadi saat substrat dasar yang diambil adalah karang campur dan



Gambar 4-2: (a) Posisi pengambilan *training sample* untuk substrat dasar yang berbeda, (b) Grafik hasil perhitungan koreksi kolom air menggunakan substrat dasar perairan yang berbeda

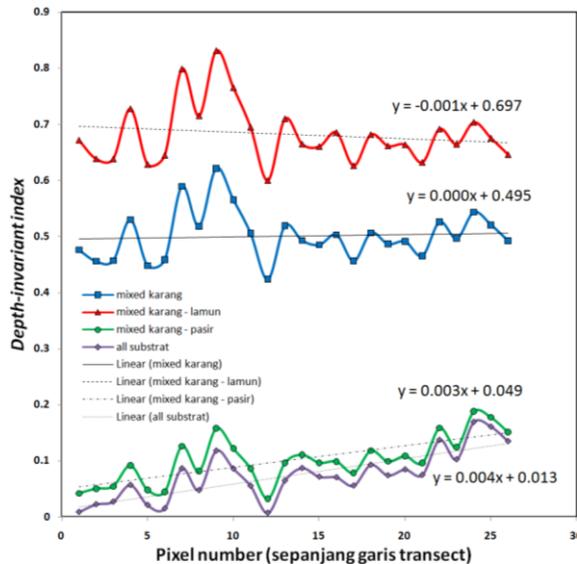
substrat pasir, dimana nilai k_i/k_j yang diperoleh adalah 0.5707. Peningkatan ini dipengaruhi oleh nilai radiansi pasir yang lebih tinggi dari nilai radiansi karang. Pengaruh nilai radiansi substrat pasir juga terlihat saat seluruh data *training sample* digunakan untuk mendapatkan nilai k_i/k_j , dimana nilai k_i/k_j yang diperoleh adalah 0.6108.

Dari nilai k_i/k_j yang diperoleh, dilakukan perhitungan koreksi kolom air. Untuk melihat pengaruh dari pengambilan *training sample* yang berbeda, kembali digunakan transek garis dari piksel E ke piksel F (Gambar 4-1(a)). Nilai *depth-invariant index* yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4-3. Dengan asumsi bahwa tren garis eksponensial akan mendatar apabila pengaruh kedalaman telah dihilangkan, maka tren garis *linear* digunakan sebagai pengganti tren garis eksponensial untuk melihat seberapa besar *slope* dari garis tersebut yang menunjukkan pengaruh kedalaman perairan. Pengambilan *training sample* untuk substrat karang campuran yang sama (garis warna biru dengan simbol \square) memperlihatkan *slope* yang mendekati 0, artinya pengaruh

kolom air sudah dapat dihilangkan. Perbedaan nilai indeks adalah karena perbedaan substrat dasar perairan, misalnya nilai indeks yang tinggi antara piksel ke-5 dan piksel ke-10 merupakan nilai indeks untuk substrat pasir yang terbuka seperti terlihat pada Gambar 4-1(a). Untuk substrat karang campur dan lamun memberikan hasil yang menyerupai substrat yang sama, karena pigmen fotosintesis algae yang terdapat pada karang memiliki nilai radiansi yang menyerupai nilai radiansi pigmen fotosintesis pada lamun. Tetapi, melihat grafik hasil perhitungan koreksi kolom air (garis warna merah dengan simbol Δ), pengaruh kedalaman perairan masih terlihat dimana *slope* dari tren garis *linear* memiliki nilai negatif (Gambar 4-3).

Pengaruh paling signifikan adalah ketika substrat karang yang memiliki radiansi lebih rendah digabungkan dengan substrat pasir yang memiliki nilai radiansi yang lebih tinggi (garis warna hijau dan garis warna ungu). Nilai indeks yang dihasilkan memperlihatkan nilai indeks yang meningkat untuk kedalaman air yang meningkat (Gambar

4-3). Hal ini membuktikan bahwa pengambilan substrat dasar perairan yang memiliki nilai radiansi yang sangat berbeda (antara substrat karang dan substrat pasir), akan membuat nilai indeks yang dihasilkan menjadi sangat tidak akurat. Hasil paling akurat adalah ketika pengambilan *training sample* dilakukan pada substrat yang memiliki nilai radiansi yang sama (berasal dari substrat dasar yang sama) seperti yang dijelaskan oleh Lyzenga (1981).



Gambar 4-3: Grafik hasil koreksi kolom air dengan pengambilan *training sample* pada substrat dasar perairan yang berbeda pada transek dari piksel E ke piksel F

5 KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengambilan *training sample* pada substrat dasar perairan yang tidak sama dan memiliki nilai radiansi yang sangat berbeda akan membuat nilai substrat yang berada pada perairan yang lebih dalam memiliki nilai indeks yang lebih tinggi. Sehingga, persyaratan dalam pengambilan *training sample* menggunakan metode Lyzenga (1981) yaitu (a) pengambilan *training sample* harus dilakukan terhadap substrat perairan yang sama, dan (b) *training sample* tersebut harus mewakili kedalaman yang bervariasi. kedua persyaratan tersebut harus dipenuhi untuk mendapatkan nilai indeks substrat dasar perairan yang benar, yang akan

digunakan untuk ekstraksi informasi terumbu karang dan substrat dasar perairan lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Armstrong, R. A. 1993. *Remote Sensing of Submerged Vegetation Canopies for Biomass Estimation*. International Journal of Remote Sensing, 14, 621-627.
- Bukata, R. P., Jerome, J. H., Kondratyev, K. Y., dan Pozdnyakov, D. V., 1995. *Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters*: CRC Press.
- Burke, L., Selig, E., dan Spalding, M., 2002. *Terumbu Karang yang Terancam di Asia Tenggara: Ringkasan untuk Indonesia*, World Resources Institute.
- Dahuri, R., 1999. *Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Terumbu Karang Indonesia. Prosiding Lokakarya Pengelolaan dan Iptek Terumbu Karang Indonesia*, COREMAP LIPI.
- DigitalGlobe. 2010. http://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView-2_8-Band_Applications_Whitepaper.pdf Diunduh pada tanggal 11 January 2013.
- Green, E. P., Mumby, P. J., Edward, A. J., dan Clark, C. D., 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*: UNESCO.
- Hamylton, S., 2011. *An Evaluation of Waveband Pairs for Water Column Correction using Band Ratio Methods for Seabed Mapping in the Seychelles*, International Journal of Remote Sensing, 32 (24), 9185-9195.
- Helmi, M., Hartoko, A., Herkiki, S., dan Wouthuyzen, S., 2011. *Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang pada Citra Digital Multispektral Satelit ALOS-AVNIR di Perairan gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu*, Jakarta, Buletin Oseanografi Marina, 1, 120-136.

- Kirk, J. T. O., 1994. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*, New York: Cambridge Univ. Press.
- 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.
- Maritorena, S., 1996. *Remote Sensing of Teh Water Attenuation in Coral Reefs: A Case Study in French Polynesia*, *International Journal of Remote Sensing*, 17 (1), 155-166.
- Mobley, C. D., 1994. *Light and Water Radiative Transfer in Natural Waters*: Academic Press.
- Rauf, A., dan Yusuf, M., 2004. *Studi Distribusi dan Kondisi Terumbu Karang dengan Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. Ilmu Kelautan*, 9(2), 74-81.
- Siregar, V. P., 1996. *Pengembangan Algoritma Pemetaan Terumbu Karang di Pulau Menjangan Bali dengan Citra Satelit. Kumpulan Seminar Maritim*.
- Suciati, dan Arthana, I. W., 2008. *Study of Coral Reef Distribution Around Badung Strait using ALOS Satellite Data, Ecotropica, Journal of Environmental Science*, 3(2), 87-91.
- Suharsono, 1995. *Jenis-jenis Karang yang Umum Dijumpai di Perairan Indonesia*, Puslibang Oseanologi LIPI.
- UNESCO, 1999. *Applications of Satellite and Airborne Image Date to Coastal Management, Coastal region and small island papers 4*. Paris: UNESCO.
- Vanderstraete, T., Goossens, R., dan Ghabour, T. K., 2004. *Coral Reef Habitat Mapping in the Red Sea (Hurghada Egypt) Based on Remote Sensing*. Paper presented at the EARSeL eProceedings.

