

GIS Untuk Integrasi Interpretasi Substrat Dasar Perairan menggunakan Pengolahan Citra ALOS-AVNIR dan *Side Scan Sonar*

¹ Rina Nurkhayati ^{*}, ²Henry M. Manik

¹Prodi Teknologi Kelautan Program Pascasarjana IPB

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK IPB Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

¹*rinanur53@gmail.com*^{*}

Abstrak

Interpretasi substrat dasar perairan merupakan salah satu kajian penting dalam ilmu kelautan, sebagai kajian utama maupun kajian pendamping untuk kajian fenomena kelautan. Substrat dasar perairan penting untuk diketahui karena sebarannya yang sangat dinamis, di kedalaman perairan yang sama bisa saja terdapat materi substrat yang berbeda dan materi substrat yang sama bisa terdapat di rentang kedalaman yang berbeda. Interpretasi memanfaatkan citra *Side Scan Sonar* dan citra satelit ALOS AVNIR-2 untuk sebagian perairan Selat Sunda. Metode yang digunakan adalah pengolahan citra (*image processing*) identifikasi substrat perairan untuk citra *Side Scan Sonar* dengan Sonarwiz dan penerapan algoritma Lyzenga dan transformasi NDVI (*Normalize Different Vegetation Index*) untuk data citra satelit. Transformasi NDVI meningkatkan akurasi pemetaan substrat pada citra ALOS AVNIR-2. Hasil pengolahan kedua citra dioverlay menggunakan GIS untuk menampilkan visualisasi sebaran substrat perairan.

Kata Kunci : *ALOS-AVNIR, Side Scan Sonar, GIS, Lyzenga*

1 Pendahuluan

Interpretasi substrat dasar perairan merupakan kegiatan mengenali objek materi dasar perairan tanpa kontak langsung dengan objek. Interpretasi dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh berupa citra satelit dan data hasil perekaman instrumen sonar. Interpretasi menggunakan citra satelit penginderaan jauh memanfaatkan nilai pantulan gelombang elektromagnetik dari objek untuk mengenali objek substrat dasar perairan. Sistem penginderaan jauh bekerja dengan prinsip setiap obyek memantulkan dan atau memancarkan gelombang elektromagnetik dimana pantulan dan pancaran gelombang elektromagnetik dari setiap benda akan ditangkap oleh sensor dan diberi nilai sesuai dengan pantulan dan pancaran benda, nilai tersebut dinyatakan dengan nilai piksel. Piksel merupakan sekumpulan sel-sel penyusun gambar sehingga deteksi jenis obyek dapat diketahui dengan menggunakan nilai piksel. Interpretasi substrat dasar perairan menggunakan citra satelit penginderaan jauh umumnya menggunakan transformasi Lyzenga dengan metode rasio saluran, memanfaatkan dua saluran dalam sensor citra satelit dengan meminimalisir efek kedalaman untuk mengidentifikasi obyek. Pengaruh kedalaman mengganggu pembedaan obyek di dalam perairan, obyek yang sama bisa terdapat di kedalaman perairan yang berbeda, dan di kedalaman yang sama beberapa obyek tentunya bisa berbeda, namun sensor satelit belum tentu sesuai dalam merekam obyek tersebut. Sebagai contoh, bisa jadi karang terlihat seperti lamun, lumpur terlihat seperti pasir atau yang lainnya. Transformasi Lyzenga dikembangkan oleh David R. Lyzenga sebagai bentuk koreksi kolom air untuk membantu interpretasi visual citra penginderaan jauh dengan perhitungan koefisien atenuasi perairan, pengukuran koefisien atenuasi di lapangan bisa dilakukan menggunakan alat radiometer namun biaya pengukuran sangat mahal dan rumit sehingga dilakukan perhitungan linear terhadap kedalaman perairan

untuk menghitung koefisien atenuasi dari data citra satelit penginderaan jauh. Apabila sudah mengetahui nilai koefisien atenuasi setiap saluran pada citra yang digunakan, koefisien atenuasi dikalikan dengan nilai pantulan objek pada citra maka akan menghasilkan kenampakan obyek pada citra yang telah terbebas dari pengaruh kedalaman.

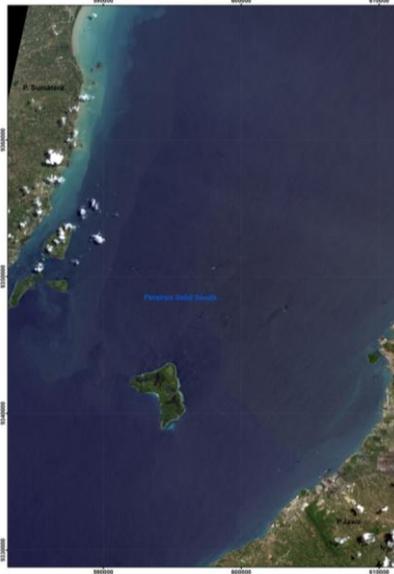
Side Scan Sonar adalah sebuah sistem peralatan survey kelautan yang menggunakan teknologi akustik. Peralatan ini digunakan untuk memetakan dasar laut dan juga dapat digunakan untuk mempelajari kehidupan di dasar laut. Sistem peralatan ini merekam kondisi dasar laut dengan memanfaatkan sifat media dasar laut yang mampu memancarkan, memantulkan dan atau menyerap gelombang suara frekuensi tinggi. *Side Scan Sonar* mampu membuat liputan perekaman dasar laut dari kedua sisi lintasan survey. Sistem transduser *Side Scan Sonar* disimpan dalam *towfish* yang ditarik kapal beberapa meter di bawah permukaan laut. Gelombang suara yang dipantulkan diproses menjadi gambar yang mirip foto udara. Interpretasi menggunakan data *Side Scan Sonar* merupakan bentuk pengolahan *post processing* pada data sonar. *Post processing* yang dilakukan secara kualitatif menggunakan pendekatan sifat fisik material dan bentuk objek dengan melihat tekstur, derajat kehitaman, bentuk dan ukuran dari obyek permukaan dasar perairan. Sedangkan *post processing* secara kuantitatif adalah dengan memanfaatkan nilai hamburan baik dari objek untuk mengenali objek substrat dasar perairan.

Teknologi penginderaan jauh diharapkan dapat memberikan kemudahan untuk melakukan ekstraksi informasi substrat dasar perairan namun masalah kedalaman sering menjadi hambatan dalam hal tersebut sehingga perlu ditunjang dengan integrasi data bersama teknologi akustik yang mampu menembus badan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk menginterpretasi dan visualisasi kenampakan substrat dasar perairan secara kualitatif dari integrasi data citra penginderaan jauh dan *Side Scan Sonar* sehingga kelak bermanfaat untuk menambah khazanah keilmuan terutama dibidang teknologi kelautan.

2 Diskusi

2.1 Data

Penelitian ini menggunakan data citra satelit penginderaan jauh ALOS AVNIR-2 level 1B2 yang telah terkoreksi geometrik, resolusi spasial 10 meter tahun 2012 dan data hasil perekaman *Side Scan Sonar* untuk daerah yang sama. Penelitian dilakukan di sebagian perairan Selat Sunda.



Gambar 1 Peta citra lokasi penelitian

2.2 Metode

Citra ALOS AVNIR-2 dalam penelitian ini merupakan citra penginderaan jauh level 1B2 yang telah terkoreksi geometrik, dapat dilakukan validasi ketepatan posisinya dengan menggunakan data referensi setempat sehingga tidak perlu dilakukan koreksi geometrik, perbaikan kualitas citra hanya mencakup koreksi radiometrik dan koreksi *sunglint* menggunakan software ENVI 5.0 dan ArcGIS 10.2.

Langkah pertama yang dilakukan adalah kalibrasi nilai DN (*digital number*) menjadi nilai radiansi pada sensor dengan perhitungan berikut :

$$L_{\lambda} = \text{Gain} * \text{DN} + \text{Offset} \quad (1)$$

$$L_{\lambda} = \left(\left(\frac{L_{\max}}{254} \right) - \left(\frac{L_{\min}}{255} \right) \right) * \text{DN} + L_{\min} \quad (2)$$

L_{λ} : nilai radiansi spektral [W-m-2-sr-1- μm -1]

Gain : *rescaled gain*

DN : Nilai DN pada piksel

Offset : *rescaled offset*

L_{\max} : radiansi spektral yang diskalakan ke $Q_{\text{cal}_{\max}}$ (kuantitas maksimum yang dikalibrasi nilai piksel).

L_{\min} : radiansi spektral yang diskalakan ke $Q_{\text{cal}_{\min}}$ (kuantitas minimum yang dikalibrasi nilai piksel).

Langkah kedua yang dilakukan adalah kalibrasi nilai radiansi menjadi nilai pantulan pada sensor dengan perhitungan berikut :

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos\theta_s} \quad (3)$$

ρ_{λ} : nilai pantulan

π : 3.141593

L_{λ} : nilai spektral radiansi [W/m² str μ m]

θ_s : sudut zenith matahari ketika citra direkam (radians)

d^2 : kuadrat dari jarak bumi matahari dengan satuan astronomi

Langkah ketiga yang dilakukan adalah koreksi *sunglint*, menggunakan formula dari (Mobley, 1994) [7].

$$R_i' = R_i - b_i \times (R_{NIR} - Min_{NIR}) \quad (4)$$

R_i : nilai pantulan masing-masing saluran

b_i : nilai gradien dari uji regresi

R_{NIR} : nilai pantulan saluran inframerah dekat

Min_{NIR} : pantulan minimum saluran inframerah dekat

Transformasi Lyzenga memanfaatkan kemampuan dua saluran sensor citra satelit untuk menembus badan perairan. Ketika cahaya dapat menembus badan perairan maka dapat dibentuk hubungan antara kedalaman dengan sinyal pantul yang di terima oleh sensor satelit. Algoritma dalam transformasi ini menggunakan dua saluran citra untuk menghasilkan satu citra baru untuk yang lebih menampakkan variasi tutupan dasar perairan, akan ada tiga citra baru yang merupakan kombinasi saluran biru-hijau, hijau-merah, merah-biru. Saluran yang digunakan adalah saluran tampak dengan rentang panjang gelombang: 0.42–0.50 μ m untuk saluran biru, 0.52–0.60 μ m untuk saluran hijau, 0.61–0.69 μ m untuk saluran merah. Secara sederhana, untuk mengurangi efek kedalaman pada setiap saluran citra satelit penginderaan jauh adalah dengan melakukan perkalian koefisien atenuasi setiap saluran dengan nilai piksel atau nilai pantulannya sehingga dapat dihasilkan citra yang bebas dari pengaruh kedalaman perairan.

Koefisien atenuasi dihitung dari nilai pengambilan *training area* (ROI) objek substrat yang sama pada kedalaman berbeda. Setiap nilai piksel atau nilai pantulan dari objek yang disampling diubah menjadi nilai anti logaritma (ln) untuk menghilangkan efek kedalaman pada objek di setiap saluran. Penentuan koefisien atenuasi dipengaruhi oleh variansi dan kovariansi yang merupakan tolak ukur keberagaman nilai suatu himpunan data. Citra merupakan suatu himpunan data nilai piksel sehingga variansi suatu nilai saluran citra merupakan gambaran keragaman nilai piksel yang ada pada citra tersebut. Kovariansi menjelaskan variasi gabungan atau bersama dua variabel yang saling berkaitan. Variansi-kovariansi menjelaskan bahwa sepasang saluran yang masing-masing mempunyai nilai variansi yang rendah cenderung akan memiliki nilai kovariansi yang rendah pula, begitu pula sebaliknya. Pengukuran dan perhitungan seperti ini diperlukan karena pengukuran spektral melalui nilai piksel hasil sensor penginderaan jauh senantiasa berubah bersama-sama (Danoedoro, 2012) [2].

Berikut perhitungan untuk menentukan nilai koefisien atenuasi dalam persamaan Lyzenga [3].

$$\ln(R_{iw}) - ((k_i/k_j) \times \ln(R_{jw})) \quad (5)$$

Keterangan :

i : saluran dengan panjang gelombang lebih pendek /atenuasi rendah.

j : saluran dengan panjang gelombang lebih panjang /atenuasi tinggi.

k_i/k_j : rasio koefisien atenuasi kedua saluran.

Rasio koefisien atenuasi (k_i/k_j) diperoleh dari perhitungan simpangan baku atau simpangan rerata yang merupakan hasil bagi dari selisih variansi saluran terpendek dan terpanjang dengan dua kali kovariansi saluran yang bersangkutan [10].

$$a = \frac{\sigma_i - \sigma_j}{2\sigma_{ij}} \quad (6)$$

$$k_i/k_j = a + \sqrt{(a^2 + 1)} \quad (7)$$

Keterangan :

σ_i : variansi nilai piksel saluran i,

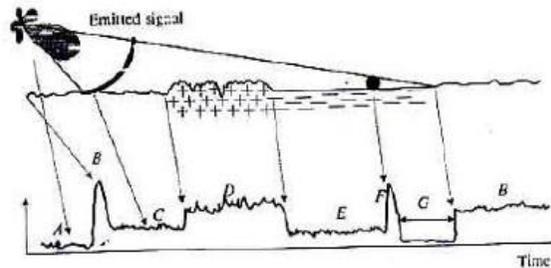
σ_j : variansi nilai piksel saluran j

σ_{ij} : kovariansi nilai piksel dua saluran i dan j.

Untuk meningkatkan ketepatan penentuan substrat dasar perairan digunakan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang merupakan salah satu jenis indeks vegetasi paling populer yang dikembangkan NOAA. NDVI merupakan gabungan teknik penisbahan dan pengurangan citra yang memanfaatkan saluran inframerah dan saluran merah. NDVI biasa digunakan untuk menonjolkan kerapatan vegetasi dalam kajian vegetasi dan penggunaanlahan, NDVI dalam kajian ini tidak digunakan untuk mengidentifikasi objek substrat dasar perairan namun untuk menormalkan variasi kedalaman perairan dan juga memisahkan daerah dengan fitur bentik dan daerah non-bentik. Kemampuan NDVI untuk meningkatkan akurasi pemetaan di daerah bentik telah dibuktikan bahwa NDVI dapat meningkatkan akurasi 6-8 % saat menggunakan ASTER dan Landsat ETM+ untuk pemetaan kesehatan karang (Wicaksono, 2008) [10].

Interpretasi citra *Side Scan Sonar* merupakan interpretasi kualitatif dengan memperhatikan bentuk (*shape*), ukuran (*size*) dan derajat kehitaman (*hue and saturation*). Interpretasi *Side Scan Sonar* diperuntukan untuk interpretasi objek dikedalaman perairan lebih dari 20 meter dimana interpretasi menggunakan citra satelit penginderaan jauh terbatas pada rentang kedalaman tersebut. Perbedaan rentang kedalaman interpretasi akan mengubah kelas jenis objek yang diinterpretasi. Interpretasi akan membedakan jenis substrat pasir, lumpur, dan pecahan karang.

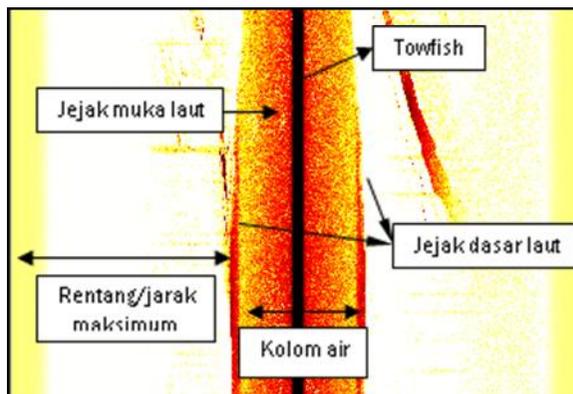
Prinsip *Side Scan Sonar* adalah ketika sinyal ditransmisikan maka akan merambat dalam medium air, transduser akan menerima pantulan balik berupa *echo* objek dan yang bukan objek atau disebut sebagai derau (*noise*). Sinyal yang dikirimkan transduser tidak sepenuhnya kembali ke transduser, sebagian mungkin dipantulkan kembali ke transduser, sebagian lainnya mungkin diserap oleh objek, diteruskan ke medium berikutnya ataupun dihamburkan. Pantulan pertama dari *echo* objek merupakan pantulan terkuat.



Gambar 2 Prinsip Side Scan Sonar

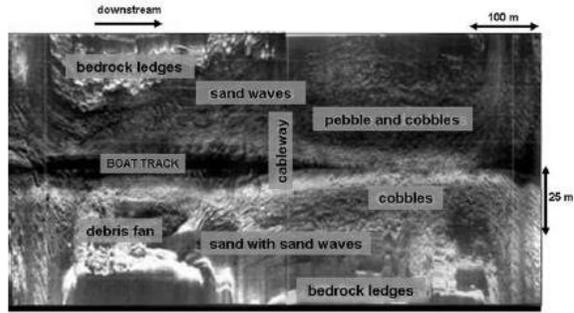
A merupakan derau (*noise*) dan reverberasi dalam kolom air, B merupakan *echo* pertama dari dasar perairan, C merupakan area pasir, D merupakan batuan, E merupakan lumpur, F merupakan (*backscatter*) target dan G merupakan bayangan dari target (Lurton, 2002) [4].

Kenampakan citra *Side Scan Sonar* akan memberikan informasi sifat fisik dari material dasar perairan yang dapat diinterpretasi secara kualitatif. Interpretasi akan dilakukan pada sebagian kecil dari satu *track* data, data citra hasil perekaman *Side Scan Sonar* merupakan data yang telah terkoreksi dan hanya akan dilakukan *post processing* saja. Pola pantulan dari sinyal yang dikirim ke objek dan bayangan objek dapat digunakan untuk identifikasi objek material di dasar laut. Citra yang direkam di rentang atau jarak yang jauh akan memiliki bayangan yang panjang dan dapat digunakan untuk mengukur tinggi dan pengukuran bentuknya.



Gambar 3 Citra Side Scan Sonar [4]

Bila *backscattering* semakin kuat maka rona pada citra *Side Scan Sonar* akan semakin gelap. Kekuatan *backscattering* berhubungan dengan tekstur objek, secara umum *backscattering* yang relatif tinggi berhubungan dengan objek kekasaran tinggi, *backscattering* yang relatif rendah berhubungan dengan objek kekasaran rendah. Fenomena *backscattering* permukaan dasar laut memiliki hubungan dengan kekasaran dan kekerasan permukaan (Gardner *et al*, 1991) [1].



Gambar 4 Pembagian objek citra *Side Scan Sonar* koleksi peneliti USGS di Colorado Canyon, diturunkan dari sedimen bawah arus [1].

Ukuran materi substrat dasar laut juga dapat digunakan untuk mengenali objek yang diinterpretasi, ukuran objek berkenaan fenomena pengendapan sedimentasi di perairan, materi yang cenderung berukuran lebih besar akan mengendap di sekitar wilayah pantai, sedangkan materi yang lebih ringan dan halus akan diendapkan di perairan laut lepas. Asosiasi antar objek yang diinterpretasi pun menjadi parameter tambahan dalam proses interpretasi, bentuk dan distribusi biasanya dapat terdeteksi oleh *Side Scan Sonar*, ini dikarenakan pantulan akustik yang diterima akan menggambarkan keadaan sama dengan kondisi sebenarnya pada saat perekaman.

Citra *Side Scan Sonar* merupakan format data .xtf dapat ditampilkan pada perangkat *software* Sonar Wiz 5 untuk diubah ke dalam bentuk data raster bergeoreferensi format Geotiff untuk dilakukan klasifikasi terselia (*supervised*), klasifikasi dilakukan dengan pengambilan training area (ROI) untuk dibedakan jenis substrat pasir, lumpur, dan pecahan karang/karang.



Gambar 5 Citra *Side Scan Sonar* ditampilkan dengan citra ALOS AVNIR-2 menggunakan ArcScene 10.3

Hasil interpretasi citra satelit penginderaan jauh dapat digabungkan dengan hasil interpretasi citra *Side Scan Sonar* dengan memanfaatkan teknologi GIS, penggabungan kedua data dapat dilakukan dengan metode *overlay* dengan perangkat *software* ArcGIS 10.2 berdasarkan kesamaan georeferensi lokasi kedua citra. Output berupa klasifikasi substrat dasar perairan integrasi kedua data citra.

2.3 Hasil dan Pembahasan

Proses untuk dapat melakukan interpretasi tersebut meliputi beberapa tahapan, yaitu koreksi radiometrik, koreksi *sunglint* dan transformasi Lyzenga sebagai bentuk koreksi kolom air. Koreksi tersebut dilakukan untuk meminimalkan kesalahan atau koreksi energi cahaya matahari pada objek substrat dasar perairan yang terekam sensor karena pengaruh atmosfer, pantulan *sunglint* maupun kolom air yang nantinya akan mengganggu interpretasi objek substrat dasar perairan.

Koreksi *Sunglint* pada citra berfungsi mengurangi pengaruh *sunglint* atau kilat matahari (bercak-bercak kilap putih) pada permukaan tubuh air, bertujuan untuk mempermudah interpretasi dan ekstraksi informasi objek bawah air dengan menghilangkan efek pengurangan atau penambahan intensitas energi karena perubahan jarak antara Bumi dan Matahari. Tampak di gambar 6 koreksi *sunglint* lebih menajamkan substrat dasar perairan, berikut pengaruh koreksi *sunglint* pada daerah perairan sekitar pantai :

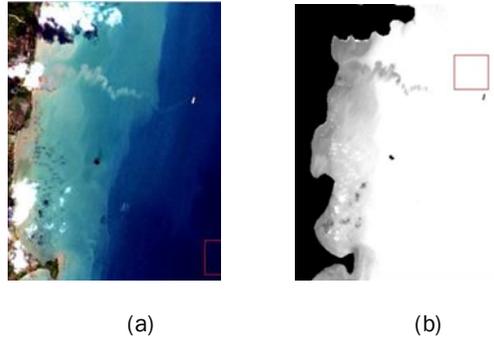


Gambar 6 Perbedaan citra terkoreksi *sunglint* (a) dengan citra asli sebelum koreksi (b)

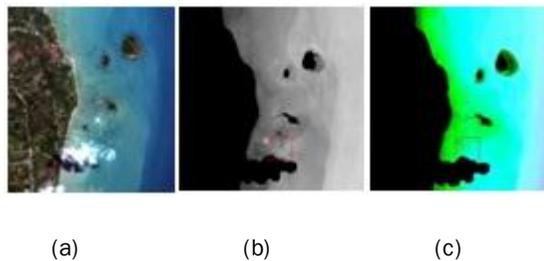
Transformasi NDVI dapat digunakan untuk mempertajam objek dengan fitur bentik dan bukan bentik dengan cara menormalkan variasi kedalaman. NDVI dalam penelitian ini digunakan pada citra terkoreksi radiometrik saja, bukan pada salah satu proses algoritma transformasi Lyzenga karena NDVI tidak dapat diterapkan di kolom air, namun hasil dari transformasi NDVI ini menunjang kemudahan interpretasi hasil pengolahan Lyzenga. Transformasi NDVI menggunakan saluran merah yang merupakan spektrum yang mengalami atenuasi tercepat di dalam air dan inframerah yang normal terhadap pengaruh kolom air.

Gambar 7 menunjukkan kenampakan objek dengan fitur bentik tampak gelap sedangkan air tanpa fitur bentik tampak lebih cerah. Ini akan memudahkan memisahkan objek substrat dasar perairan, dimana tipe substrat merupakan salah satu parameter penentuan habitat bentik. Daerah daratan dipisahkan dengan perairan dengan metode *masking* pada software ENVI 5, pemisahan objek daratan dan perairan laut agar klasifikasi objek di perairan bisa dikatakan akurat, variasi radiansi daratan sangat bervariasi dibandingkan di lautan akan merusak klasifikasi ketika digabungkan. Manfaat lainnya adalah mengurangi beban komputasi saat pengolahan data.

Hasil koreksi kolom air menggunakan transformasi Lyzenga lebih mempertegas batasan jenis substrat dasar perairan. Gambar 8 menunjukkan perbandingan visual citra asli, transformasi NDVI dan Lyzenga. Citra hasil transformasi Lyzenga mendekati hasil penerapan sederhana transformasi NDVI dalam menghilangkan variasi kedalaman perairan secara umum.

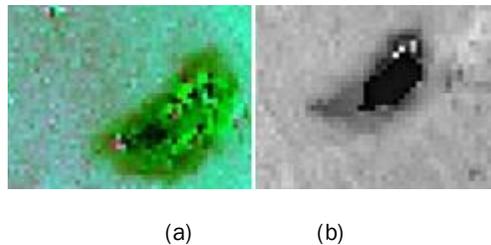


Gambar 7 Perbandingan citra asli (a) dan citra (b)



Gambar 8 Perbandingan citra asli (a), citra transformasi NDVI (b), citra transformasi Lyzenga (c)

Kenampakan citra substrat dasar perairan pada citra hasil transformasi Lyzenga dan NDVI mempunyai kemiripan dalam memisahkan objek air saja dengan campuran air dan materi dasar perairan, meskipun hasil transformasi NDVI hasilnya lebih umum tidak secara spesifik seperti hasil transformasi Lyzenga.



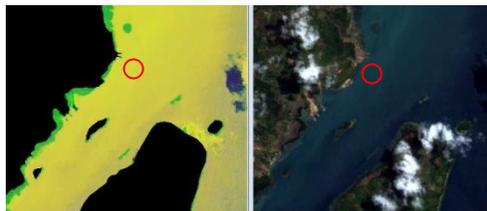
Gambar 9 Kesamaan citra transformasi Lyzenga (a) dengan transformasi NDVI (b).

Kualitas citra hasil transformasi Lyzenga dipengaruhi oleh pengambilan *training area* atau ROI saat pengolahan data, keberagaman penentuan pengambilan sampel terhadap variasi kedalaman seharusnya akan semakin meningkatkan hasil koreksi kolom air dengan metode Lyzenga, namun itu juga tak lepas dari tingginya hasil koreksi penunjang sebelum pengolahan. Dalam penelitian kali ini penggunaan data kedalaman perairan yang digunakan hanya sebatas kedalaman relatif dimana semakin jauh dari garis pantai maka angka kedalaman perairan cenderung bertambah.

Interpretasi substrat dasar perairan menggunakan transformasi Lyzenga pada citra ALOS AVNIR-2 diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu pasir, lumpur, lamun, alga (makroalga),

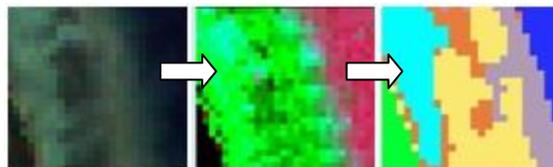
serta terdapat satu kelas tambahan yaitu mangrove yang merupakan objek penciri daerah estuari sebagai batasan wilayah darat dan laut. ALOS AVNIR-2 merupakan citra resolusi menengah sehingga klasifikasi digital multispektral dirasa lebih efektif untuk interpretasi dibandingkan interpretasi visual secara manual (digitasi). Klasifikasi yang dilakukan merupakan klasifikasi multispektral terselia (*supervised*) *maximum likelihood* yang ditentukan oleh pengambilan *training area* (ROI) pada citra hasil transformasi Lyzenga untuk setiap jenis substrat dasar perairan. Penentuan *training area* berdasarkan kesamaan rona, warna dan tekstur pada citra transformasi Lyzenga serta lokasi berdasarkan pendekatan zona dan habitat dengan skema klasifikasi yang dikembangkan oleh *Caribbean Fishery Management Council* .

Secara umum proses interpretasi juga sangat ditentukan oleh kecakapan interpreter dalam melihat kenampakan dalam citra. Objek mangrove dikenali sebagai objek paling dekat dengan daratan karena merupakan penciri habitat estuari. Pasir dan pecahan karang dikenali melalui teksturnya yang kasar dan bentuknya yang khas bergerombol, pantulan pasir dan pecahan karang tinggi karena sifat kekerasan materinya. Lumpur dikenali oleh teksturnya yang lebih halus dari pasir namun tidak lebih halus dari lamun, pantulan lumpur sedang karena disini ada sebagian energi yang diserap dan sebagian dipantulkan, rona lumpur cenderung lebih cerah. Alga (makro alga) dikenali dari teksturnya yang cenderung lebih halus daripada lamun dan pantulannya yang paling rendah. Skema klasifikasi mendefinisikan komunitas bentik atas dasar dua atribut, yaitu zona dan habitat. Zona hanya merujuk ke lokasi komunitas bentik dan habitat mengacu hanya untuk substrat dan atau jenis penutup perairan [6]. Citra pada Gambar 10 menunjukkan lokasi habitat laguna, interpretasi objek di zona laguna : mangrove, pasir, atau pun lamun.



Gambar 10 Interpretasi substrat pada citra berdasarkan lokasi habitat.

Klasifikasi multispektral *maximum likelihood* yang termasuk klasifikasi terselia mengenali objek berdasarkan *training area* yang ditentukan berdasarkan piksel demi piksel citra seluas 10 x 10 meter persegi di keadaan sebenarnya. Secara otomatis luasan tersebut akan dikenali sebagai satu atau suatu objek homogen meskipun keadaan di lapangan mungkin akan berbeda.



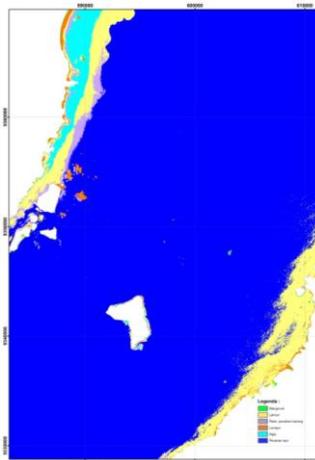
Gambar 11 Klasifikasi multispektral pada citra hasil transformasi Lyzenga

Untuk itu, dalam kajian interpretasi substrat dasar perairan menggunakan citra satelit penginderaan jauh harus divalidasi dengan pengamatan langsung di lapangan untuk dilakukan perbaikan interpretasi bila terjadi kesalahan, kekeliruan ataupun perubahan

keadaan mengingat objek di indera dari jarak yang jauh serta ada perbedaan waktu antara waktu perekaman citra satelit dengan waktu terjadinya penelitian. Terkait dengan resolusi spasial citra ALOS AVNIR-2 sebesar 10 meter akan menentukan kedetilan dari setiap objek substrat dasar perairan, semakin tinggi resolusi maka objek yang dapat dikenali untuk diinterpretasi akan lebih detil dan kompleks serta dapat dilakukan langsung dengan interpretasi manual tanpa komputasi.

Penerapan transformasi Lyzenga di setiap perairan akan berbeda hasilnya serta memungkinkan akan ada beberapa modifikasi dari rumus aslinya dikarenakan pengaruh kondisi perairan di setiap belahan bumi berbeda satu sama lain. Modifikasi dari metode Lyzenga sebagian dipengaruhi kondisi fisik *insitu*, sebagai contoh transparansi atau kecerahan perairan yang berbeda di setiap lokasi perairan yang disebabkan tingkat kekeruhan karena pergerakan massa air laut. Kecerahan berkaitan dengan seberapa dalam kemungkinan cahaya matahari dapat menembus badan perairan sehingga akan meningkatkan interpretasi objek substrat dasar perairan. Ketika kecerahan atau transparansi perairan meningkat, nilai radiansi akan menurun maka analisis dari citra semakin mudah [9].

Keterbatasan penginderaan objek perairan menggunakan citra satelit adalah jumlah dan angka pada ketersediaan saluran tampak pada tingkatan resolusi untuk satelit yang merekam daerah perairan. Daerah perairan biasanya direkam oleh satelit penginderaan jauh dengan resolusi rendah di atas 30 meter dengan jumlah sensor yang lebih banyak dan saluran tampak yang lebih sempit (hiperspektral). Namun, untuk sedikit wilayah perairan yang direkam satelit dengan resolusi tinggi hingga sedang pasti terbatas pada jumlah sensor saluran tampak. Akurasi analisis berbasis sensor hiperspektral secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan sensor satelit lainnya [9].

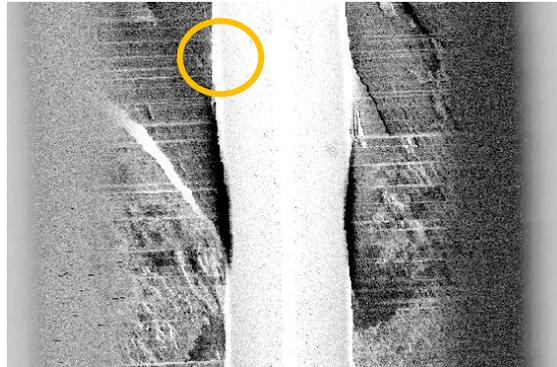


Gambar 12 Hasil interpretasi substrat dasar perairan citra ALOS AVNIR-2 dengan menggunakan klasifikasi *maximum likelihood* menunjukkan bahwa sebagian besar substrat dasar perairan adalah lamun.

Gambar 12 terlihat interpretasi dengan menggunakan citra satelit terbatas pada kedalaman dangkal, sedangkan untuk kedalaman yang lebih dalam belum dapat mengenali objek substrat dasar perairan hanya sebatas mengenali sebagai perairan laut, dikarenakan faktor fisik lingkungan dan kemampuan gelombang elektromagnetik menembus badan perairan di sensor citra satelit multispektral. Integrasi menggunakan

data akustik *Side Scan Sonar* Merupakan salah metode yang mungkin bisa mengatasi keterbatasan kemampuan sensor citra satelit.

Interpretasi pada citra *Side Scan Sonar* merupakan kegiatan *post processing*, interpretasi dilakukan berdasarkan pada bentuk, ukuran dan derajat kehitamaan objek. Berikut adalah sebagian kenampakan visual data perekaman *Side Scan Sonar*. Secara umum, objek tampak sebagai bentuk sedimentasi materi yang terendap di dasar perairan.

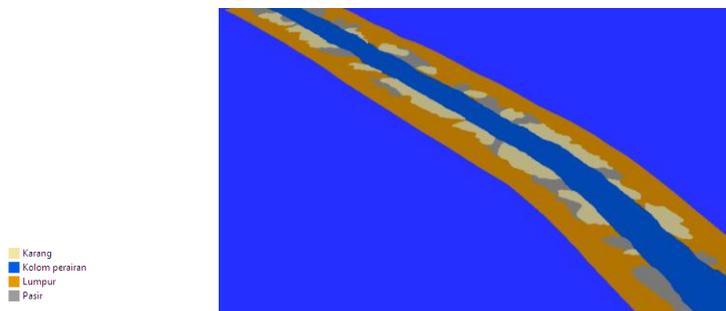


Gambar 13 Contoh kenampakan substrat berupa pasir pada citra *Side Scan Sonar*, dikenali dari kenampakan teksturnya yang halus dan terang.



Gambar 14 Contoh kenampakan substrat berupa karang/pecahan karang pada citra *Side Scan Sonar*, dikenali dari bentuknya yang khas dan teksturnya yang kasar

Objek pasir dan lumpur dibedakan atas teksturnya, pasir cenderung lebih kasar, tekstur lumpur cenderung lebih halus, rapat dan kompak. Sebagian hasil interpretasi ditunjukkan oleh Gambar 15, interpretasi substrat dasar perairan menggunakan citra *Side Scan Sonar* agak sulit dilakukan ketika data perekaman hanya merupakan data satu lintasan karena daerah pengukuran terlalu sempit dan tidak menyentuh atau berimpitan dengan daerah yang dapat diinterpretasi oleh citra penginderaan jauh, sehingga interpretasi tidak dapat dilakukan secara menyeluruh. Hal tersebut dikarenakan beda jarak pengukuran kedua data terlalu jauh serta kesalahan pemilihan resolusi spasial citra penginderaan jauh yang terlalu rendah atau tidak detil dalam penelitian ini. Hasil overlay klasifikasi menggunakan data satelit penginderaan jauh dan *Side Scan Sonar* ditunjukkan oleh Gambar 16.



Gambar 15 Sebagian hasil interpretasi substrat dasar perairan dari data *Side Scan Sonar* menggunakan ArcScene 10.2

Data perekaman sistem akustik merupakan data resolusi tinggi dalam kisaran 10 meter ke atas sehingga dapat memberikan gambaran seperti keadaan sebenarnya. Sedangkan data satelit penginderaan jauh yang digunakan merupakan data resolusi menengah. Integrasi interpretasi substrat dasar perairan menggunakan citra penginderaan jauh dan citra hasil perekaman akustik instrumen *Side Scan Sonar* diupayakan mempunyai kesamaan atau setidaknya kesetaraan resolusi spasial.



Gambar 16 Hasil overlay klasifikasi menggunakan data satelit penginderaan jauh dan *Side Scan Sonar*.

Ini akan sangat diperlukan agar tingkatan klasifikasi objek yang diinterpretasi berada pada jenjang objek atau pengkelasan objek yang sama. Resolusi spasial mempengaruhi sistem klasifikasi tutupan lahan di darat maupun tutupan lahan perairan. Semakin besar resolusi spasialnya akan semakin detail klasifikasi interpretasinya.

Metode *image sharpening* sebenarnya dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan resolusi spasial pada citra satelit penginderaan jauh, namun terkadang efek dari adanya *image sharpening* akan merusak nilai spektral pada citra tersebut sehingga akan berdampak pada hasil pengolahan untuk interpretasi ini. Oleh karena itu, pemilihan resolusi spasial tinggi merupakan alternatif paling memungkinkan jika akan melakukan integrasi data bersama data *Side Scan Sonar* meskipun tantangan yang akan dihadapi adalah sulitnya mendapatkan data tersebut untuk perairan Indonesia.

Secara keseluruhan interpretasi menggunakan citra *Side Scan Sonar* lebih mudah karena dapat dikenali langsung dari kenampakan citranya, ketiditan data yang hampir seperti tampilan sesungguhnya di lapangan maka tidak memerlukan proses yang terlalu panjang untuk melakukan interpretasi secara visual kualitatif, berbeda dengan proses interpretasi

citra satelit ALOS AVNIR-2 yang membutuhkan beberapa proses koreksi untuk mengurangi efek gangguan atmosfer dan kolom air sehingga objek dapat dikenali.

3 Kesimpulan

Transformasi NDVI juga dapat digunakan untuk mempertajam objek dengan fitur bentik dan bukan bentik dengan cara menormalkan variasi kedalaman, transformasi tersebut dapat menunjang keberhasilan interpretasi dengan transformasi Lyzenga, Penggunaan tranformasi Lyzenga sebaiknya diintegrasikan dengan data kedalaman perairan dan *ground check* untuk mengetahui akurasi ketepatan interpretasi. Permasalahan resolusi spasial dan spektral tetap menjadi hambatan utama dalam setiap pengolahan citra satelit untuk objek perairan, meskipun citra penginderaan jauh menawarkan efisiensi waktu dan biaya.

Interpretasi menggunakan data perekaman *Side Scan Sonar* merupakan data resolusi tinggi yang baik untuk pengenalan objek dasar perairan. Interpretasi substrat dasar perairan dengan menggunakan data tersebut sebaiknya merupakan interpretasi kualitatif-kuantitatif agar pengenalan objek benar sesuai presisi dan akurasi. Integrasi data dan metode untuk interpretasi substrat dasar perairan dengan menggunakan kedua data (ALOS AVNIR-2 dan *Side Scan Sonar*) sebaiknya memperhitungkan kesetaraan resolusi spasial kedua data tersebut agar tingkat pengkelasan klasifikasi objek setara. Untuk kajian lebih lanjut, bila menggunakan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi tidak hanya menggabungkan hasil interpretasi dari kedua data namun dapat dilakukan fuzzy agar dapat menghasilkan data yang lebih informatif dari data asal dengan ketelitian tinggi dan kualitas spektral yang baik.

4 Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada Pramaditya Wicaksono untuk akses data citra satelit ALOS AVNIR-2 dan Fahrulian untuk akses *software* SonarWlz.

5 Daftar Pustaka

- [1] Blobdel, Philippe., "The Handbook of Side Scan Sonar", Springer, New York, 2009.
- [2] Danoedoro, Projo., "Pemrosesan Citra Digital", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2012.
- [3] David R. Lyzenga, Norman P. Malinas, and Fred J. Tanis, "Multispectral Bathymetry Using a Simple Physically Based Algorithm", IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, Vol. 44, No. 8, August 2006.
- [4] Dwi Chamila, Henry M. Manik, "Pemetaan Dan Klasifikasi Sedimen Dengan Instrumen *Side Scan Sonar* Di Perairan Balongan, Indramayu-Jawa Barat", Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan. Vol 1. No 1. November 2010: 105-112.
- [5] Matthew S. Kendall et al., "Benthic Mapping Using Sonar, Video Transects, and an Innovative Approach to Accuracy Assessment: A Characterization of Bottom Features in the Georgia Bight", Journal of Coastal Research, West Palm Beach, Florida, 2005.
- [6] Matthew S. Kendall et al., "Methods Used to Map the Benthic Habitats of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands", U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Ocean Service, 2001
- [7] Nurkhayati, Rina, "Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Quickbird Di Perairan Taman Nasional Karimun Jawa Kabupaten Jepara, Jawa Tengah", Universitas Gadjah Mada, 2013.

- [8] T. Sagawa et al., "Technical Note. Mapping Seagrass Beds Using IKONOS Satellite Image And Side Scan Sonar Measurements: A Japanese Case Study", International Journal of Remote Sensing, 2010.
- [9] V. Pasqualini et al., "Contribution Of Side Scan Sonar To The Management Of Mediterranean Littoral Ecosystems", Universite de Corse, Equipe Ecosyste Ámes Littoraux, France, 2000.
- [10] Wicaksono, Pramaditya, "Integrated Model Of Water Column Correction Technique For Improving Satellite-Based Benthic Habitat Mapping : A Case Study On Part Of Karimunjawa Islands", Indonesia, Gadjah Mada University, Yogyakarta, 2010.

