

PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN CITRA QUICKBIRD DI PERAIRAN TAMAN NASIONAL KARIMUN JAWA, KABUPATEN JEPARA, JAWA TENGAH

Rina Nurkhayati
rinanur53@gmail.com

Nurul Khakhim
nrl_khakhim@yahoo.com

Abstract

Remote sensing technology extracting information about depth point in shallow water, utilize band with wave length which have good spectral respond to water object and can penetrate waters until certain depth. Ratio method which developed by Stumpf, imagery reflectance value correspond in exponential with actual depth value. This exponential relationship is be linear with change the reflection value to be a ln reflection value, so the exponential relationship will be a linear relationship so it can form empirical equation to get depth estimation value. Depth value that used is result from best regression equation which seen from coefficient of determination, coefficient of correlation, and RMS error value. In this research, the best regression equation is using $Ln_{blue\ band} - Ln_{green\ band}$, which are $y = 264.5x - 224.9$ with coefficient of determination is 0,711, coefficient of correlation is 0,843, and smallest RMS error is 2.31. Depth value is about 0-28 meters.

Key word: bathymetry, shallow water, Quickbird imagery

Abstrak

Teknologi penginderaan jauh melakukan penyadapan informasi titik kedalaman di perairan dangkal memanfaatkan panjang gelombang yang memiliki respon spektral baik terhadap obyek perairan dan dapat menembus perairan hingga kedalaman tertentu. Metode rasio linear yang dikembangkan Stumpf, nilai pantulan citra berhubungan eksponensial dengan nilai kedalaman aktual. Hubungan eksponensial ini dilinearakan dengan mengubah nilai pantulan menjadi nilai ln pantulan sehingga hubungan eksponensial ini menjadi hubungan linear yang membentuk persamaan empiris untuk memperoleh nilai estimasi kedalaman. Nilai kedalaman yang dipakai adalah nilai kedalaman hasil dari persamaan regresi terbaik yang dilihat dari nilai koefisien determinasi, koefisien korelasi dan nilai RMS error. Dalam penelitian ini, persamaan regresi terbaik adalah menggunakan rasio $Ln_{saluran\ biru} - Ln_{saluran\ hijau}$, yaitu persamaan $y = 264.5x - 224.9$, nilai koefisien determinasi 0,711, koefisien korelasi 0.843 dan RMS error terkecil 2.30929205992788. Nilai kedalaman berkisar 0-28 meter.

Kata kunci : Batimetri, perairan dangkal, Quickbird

PENDAHULUAN

Dewasa ini teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) memberikan peluang untuk pemetaan batimetri secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah yang memiliki tingkat perubahan kedalaman secara cepat. Keuntungan lainnya yaitu dapat dilakukan revisi pemetaan perairan dangkal dengan cepat dan murah, peningkatan resolusi spasial menyediakan berbagai macam aplikasi dan metode dalam kegiatan pemetaan bawah air. Daerah cakupan data penginderaan jauh cukup luas sehingga sangat baik untuk mengetahui apa saja yang terjadi di lingkungan sekitarnya untuk mengetahui keterkaitan antara satu dengan yang lainnya.

Beberapa satelit yang bisa digunakan untuk melakukan pemetaan batimetri perairan dangkal adalah citra Quickbird, merupakan citra satelit resolusi tinggi yang cocok untuk pemetaan detail batimetri. Citra Quickbird dilengkapi dengan saluran tampak yang dibutuhkan dalam ekstraksi informasi batimetri memiliki resolusi spasial 2,4 meter. Saluran tampak (biru, merah dan hijau) memiliki kemampuan menembus perairan hingga kedalaman tertentu, meskipun setiap saluran memiliki kemampuan yang berbeda dengan biru merupakan saluran dengan kemampuan lebih dalam menembus badan perairan.

Informasi kedalaman merupakan salah satu aspek sangat penting untuk beberapa kajian kegiatan sumberdaya kelautan, baik kedalaman di perairan dalam maupun perairan dangkal. Secara umum informasi kedalaman hanya dilakukan untuk daerah atau lokasi yang mampu dilalui kapal sehingga untuk perairan dangkal seringkali tidak dapat dilakukan, informasi sebaran titik kedalaman untuk perairan dangkal sangat minim atau terbatas.

Metode yang banyak dilakukan untuk ekstraksi kedalaman perairan menggunakan citra penginderaan jauh di antaranya metode linear dan metode rasio linear yang

dikembangkan oleh Stumpf. Berdasarkan pada uraian yang telah dijelaskan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan informasi kedalaman perairan dangkal dari citra Quickbird.
2. Membandingkan kondisi kedalaman perairan hasil pengolahan citra Quickbird dengan pengukuran terestis.
3. Analisis kondisi kedalaman laut di wilayah Taman Nasional Laut Karimun Jawa.

Citra *Quickbird* diluncurkan pertama kali pada tanggal 24 September 1999 di Vandenberg Air Force Base, California, USA. Satelit ini memiliki resolusi spasial sangat tinggi. Satelit ini mengorbit secara *sunynchronous* dengan sudut inklinasi $97,2^\circ$ dan ketinggian 450 km dari permukaan bumi. Kecepatan orbitnya mencapai 7,5 km per detik, sehingga memerlukan waktu 98 menit untuk melakukan satu kali orbit.



Gambar 1.1 Gambar Satelit Quickbird

Citra *Quickbird* memotret daerah yang dilewatinya secara tetap di equator sekitar pukul 10.30 pagi. Resolusi spasial nya untuk produk multispektral adalah 2,4 meter, yang merupakan citra resolusi detail. Resolusi temporalnya rata-rata kurang dari tiga hari. *Quickbird* dengan kemampuannya memberikan implikasi terhadap berubahnya konsepsi penyediaan data dan informasi wilayah terutama karena meningkatnya kecepatan dan keakuratan datanya.

Cahaya matahari yang masuk ketubuh air intensitasnya senantiasa berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya kedalaman (Jerlov, 1976). Proses tersebut dikenal dengan nama atenuasi atau pelemahan

dan dapat mempengaruhi sinyal gelombang elektromagnetik yang diterima oleh sensor satelit. Besarnya proses atenuasi tergantung pada panjang gelombang. Spektrum tampak merah akan mengalami atenuasi yang lebih cepat dibandingkan panjang gelombang yang lebih pendek yaitu hijau dan biru. Proses tersebut disebabkan oleh dua proses yaitu serapan dan hamburan pada kolom air. Serapan meliputi proses perubahan tenaga elektromagnetik ke dalam bentuk energi lain seperti panas atau tenaga kimia oleh beberapa elemen yang hidup di perairan.

Karakteristik spektral obyek perairan yang terekam oleh sensor satelit tidak hanya berasal dari pantulan sinar oleh tubuh air itu sendiri tetapi juga dipengaruhi oleh pantulan oleh permukaan perairan, kedalaman perairan dan pantulan dari dasar perairan. Kandungan material dalam perairan mempengaruhi respon spektral yang diterima oleh sensor, terbagi menjadi dua kategori yaitu jernih dan keruh. Perairan yang jernih, dangkal dan berarus tenang maka respon spektralnya hanya berasal dari pantulan permukaan dan material dasar. Puncak pantulan spektral perairan jernih terjadi pada panjang gelombang 0, 48 μm . Sedangkan pada perairan yang memiliki muatan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan, puncak pantulan bergeser pada panjang gelombang yang lebih tinggi. (Campbell, 1996)

Batimetri adalah ukuran dari tinggi rendahnya dasar laut yang merupakan sumber informasi utama mengenai dasar laut. Penelitian ini dilakukan di Perairan Taman Nasional Karimun Jawa, Jepara, Jawa Tengah. Lokasi ini dipilih dengan pertimbangan wilayah tersebut merupakan salah satu perairan yang jernih terhubung dengan Laut Jawa untuk konservasi sumberdaya kelautan, Perairan di daerah ini relatif tenang dan kejernihan air yang tampak di perairan ini dengan tingginya kandungan terumbu karang sehingga cahaya matahari mampu menembus perairan hingga kedalaman

maksimal. Selain itu lokasi penelitian ini termasuk perairan dangkal dengan kedalaman yang tidak terlalu dalam sehingga sangat cocok dengan kemampuan penetrasi citra satelit yang digunakan dengan asumsi band biru mampu berpenetrasi hingga kedalaman ± 25 meter.

Untuk mendapatkan informasi kedalaman perairan dari citra Quickbird menggunakan teknik pengolahan metode rasio yang dikembangkan Stumpf. Prinsip metode ini bahwa cahaya melemah melalui interaksi dengan kolom air, dan cahaya yang menembus kedalaman air tergantung pada panjang gelombang cahaya itu. Panjang gelombang yang lebih pendek menembus perairan lebih dalam dibandingkan dengan panjang gelombang yang lebih panjang.

Cahaya membentuk fungsi eksponensial dengan kedalaman, metode ini harus menggunakan dua saluran untuk memperoleh kedalaman, efek dari albedo substrat akan diminimalkan. Prinsip ini berdasarkan hukum Beer bahwa penyerapan cahaya matahari oleh air meningkat secara eksponensial dengan meningkatnya konsentrasi perairan. Hukum Lambert menjelaskan pula bahwa penyerapan cahaya meningkat secara eksponensial dengan meningkatnya jarak dari perairan yang harus dilewati oleh cahaya. Dengan demikian intensitas cahaya yang masuk ke kolom air akan semakin berkurang dengan bertambahnya kedalaman, apabila atenuasi membesar ketika kedalaman bertambah. Atenuasi merupakan pelemahan gelombang energi yang hilang dari pantulan objek dibawah permukaan air.

Kedalaman yang dihitung dengan cara di atas adalah tergantung pada albedo yang merupakan rasio jumlah radiasi matahari yang dipantulkan oleh tubuh benda kepada sejumlah tertentu di atasnya. Sementara albedo dari dua substrat di kedalaman yang sama akan sangat berbeda, akan tetapi albedo dari dua substrat pada kedalaman yang

sangatberbedamungkin terlihat sangatmirip. Oleh karena itu akan terjadi kesalahan hitung kedalamanuntuksalah satu dari duasubstrat. Metode rasio di deskripsikan secara matematis dengan persamaan berikut:

$$Z = m_1 (\ln(nR_w (\lambda_1)) / \ln(nR_w (\lambda_2))) - m_0 \quad (1)$$

Z adalah kedalaman,

m₁ adalah suatu konstanta untuk skalarasi kedalaman, m₀ adalah konstanta untuk menjaga rasio tetapan positif dalam semua nilai, R_w adalah reflektansi diamati, dan 0 adalah offset untuk kedalaman 0 m.

Nilai kedalaman yang nantinya dihasilkan dari pengolahan citra akan di analisis secara statistik untuk ditentukan layak tidaknya hasil dari pengolahan citra tersebut untuk digunakan dalam penyusunan peta batimetri. Analisis statistik berupa analisis korelasi dan *RMS error*. Citra hasil pengolahan menunjukkan nilai kedalaman perairan yang bervariasi, untuk mempermudah pembacaan maka hasil pengolahan citra akan disajikan dalam bentuk peta kedalaman perairan hasil dari interpolasi nilai-nilai kedalaman.

METODE PENELITIAN

Tahap penurunan informasi kedalaman dari citra penginderaan jauh adalah dengan memanfaatkan setiap nilai pantulan piksel citra dari masing-masing saluran tampak pada citra tersebut. Konversi nilai pantulan dari citra menjadi data kedalaman adalah dengan menggunakan formula yang terdapat dalam (Wicaksono, 2010) :

$$z = \frac{m_1 (\ln(nR_w (\lambda_1)))}{\ln(nR_w (\lambda_2))} - m_2 \quad (2)$$

$$y = ax + b$$

Keterangan :

y = z (kedalaman yang dicari)
a = m₁, b = m₂
x = $\ln(nR_w (\lambda_1)) / \ln(nR_w (\lambda_2))$

m₁ dan m₂ diperoleh dari persamaan regresi antara data kedalaman perairan dengan rasio

band 1 dan band 2. Model empiris yang digunakan adalah $y = ax + b$, $a = m_1$ dan $b = m_2$, sedangkan x merupakan nilai rasio Ln pantulan band 1 dan Ln pantulan band 2. Penggunaan rasio band 1 dan band 2 untuk menormalisasi efek pantulan dasar yang berubah akibat pengaruh kolom air dan fungsi Ln digunakan untuk memperoleh garis linear yang digunakan dalam persamaan regresi. Pemilihan rasio band yang digunakan dalam persamaan regresi mengacu dari hasil penelitian (Wicaksono, 2010), dengan hasil regresi terbaik terdapat pada persamaan menggunakan rasio Ln B1 dan Ln B2.

Data input yang digunakan adalah nilai reflektansi citra hasil perhitungan dengan menggunakan *bandmath*, sebelumnya telah bebas kesalahan *sunglint*. Data kedalaman perairan dangkal aktual didapatkan dari pengukuran terestris dengan bantuan perangkat alat Echosounder (*sounding*) dengan metode hidroakustik yaitu suatu teknologi pendeteksian bawah air dengan menggunakan perangkat akustik (*acoustic instrument*).

Untuk menentukan hubungan antara keduanya dilakukan dengan menggunakan koefisien korelasi. Dimana variabel X, yaitu variabel data kedalaman hasil pengukuran lapangan dan Y, yaitu data nilai kedalaman dari pengolahan citra. Kuat tidaknya hubungan antara keduanya ditunjukkan dengan tinggi tidaknya korelasi antara kedua variabel tersebut. Rumus dasar koefisien korelasi ini adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)} \quad (3)$$

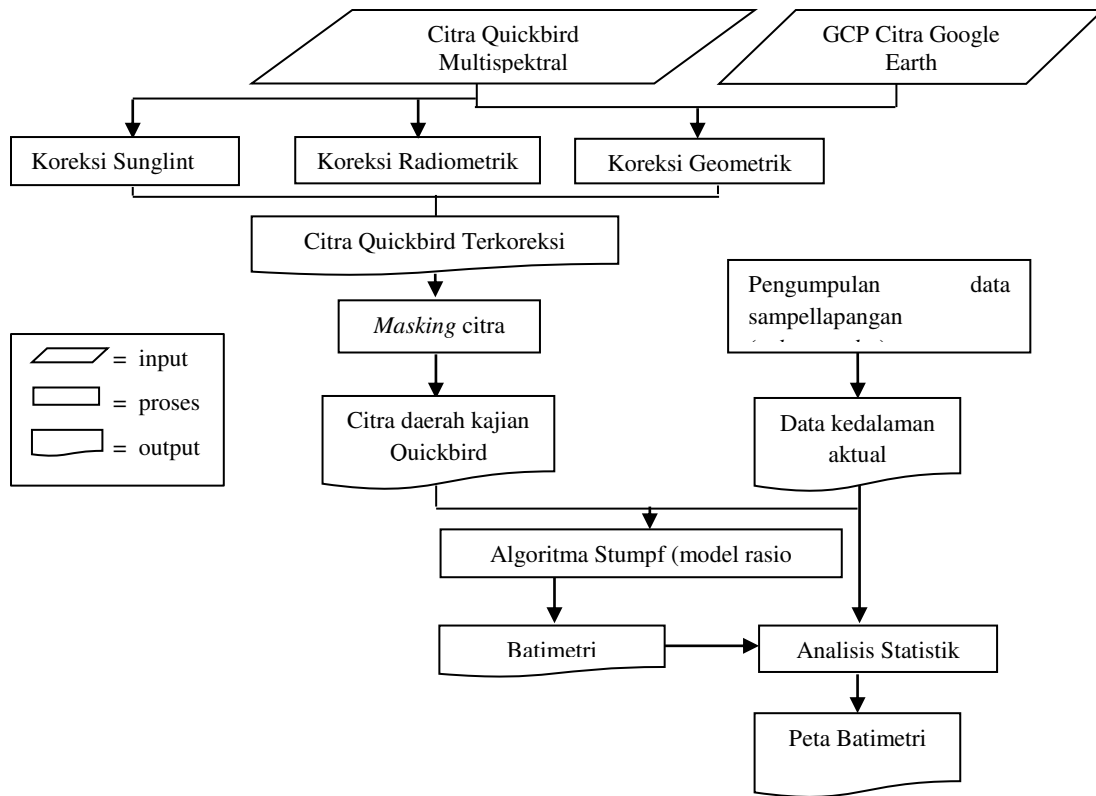
Keterangan:

n = Jumlah sampel
R = Koefisien korelasi
X = Variabel yang diwakili transformasi citra pada daerah sampel
Y = Variabel yang diwakili hasil pengukuran di lapangan di lokasi sampel

Metode untuk menilai akurasi dari peta batimetri yang dihasilkan menggunakan *RMS error* yang dihitung berdasarkan selisih antara data lapangan dan nilai kedalaman turunan dari citra satelit.

Berdasarkan SNI 19-6726-2002, ketelitian posisi horizontal minimal 90% dari posisi horizontal yang diuji harus mempunyai ketelitian 0,5 mm pada peta (25 meter di lapangan). Titik-titik yang diuji adalah minimal 2% dari isi peta yang diwakilinya, dan terdefinisi dengan jelas di peta. Kedalaman hasil interpolasi dari kontur harus mempunyai ketelitian setengah kali interval kontur. Titik-titik yang diuji adalah minimal 2% dari isi peta yang terwakili dan terdefinisi dengan jelas di peta. Akurasi vertikal yang dihasilkan peta batimetri harus jatuh dalam kisaran ini. Ini ambang batas akurasi vertikal akan digunakan untuk melihat kesalahan peta batimetri ini bisa ditoleransi atau tidak.

Peta batimetri disusun dengan skala 1:1.000. Interval kontur untuk peta kedalaman perairan dengan kisaran kedalaman 0-25 meter adalah 2 meter berdasarkan pertimbangan dari peraturan yang ada dalam SNI 19-6726-2002. Namun mengacu pada resolusi vertikal dari citra Quickbird sebesar 4 meter maka kontur interval yang digunakan adalah sebesar 4 meter.



Gambar 2.1 Diagram Alir Metode Penelitian

DAERAH PENELITIAN

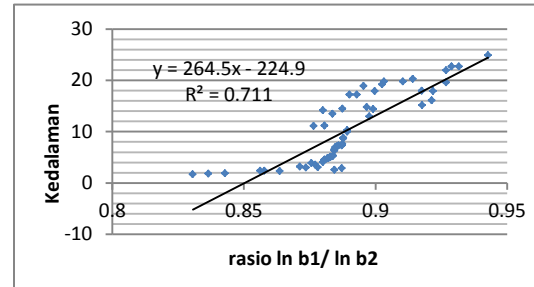
Daerah penelitian adalah Taman Nasional Laut Karimun Jawa yang terletak di Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Pemilihan daerah penelitian didasarkan pada karakteristik perairan yang memiliki variasi baik kedalaman maupun tingkat kejernihan perairannya. Perairan di sekitar Taman Nasional Laut Karimun Jawa merupakan perairan konservasi sumberdaya perairan yang akan dikembangkan menjadi kawasan konservasi alam.

Kepulauan Karimun Jawa terletak di sebelah Timur Laut kota Semarang tepatnya pada posisi $50^{\circ}40' - 50^{\circ}57' \text{ LS}$ dan $110^{\circ}04' - 110^{\circ}40' \text{ BT}$. Terdiri dari tiga Desa yaitu Desa Karimun Jawa, Kemujan dan Parang. Luas wilayah daratan dan perairan Taman Nasional Karimun Jawa adalah 107.225 ha berupa gugusan pulau sebanyak 27 buah. Dari 27 pulau tersebut terdapat empat pulau berpenghuni yaitu P. Karimun Jawa, P. Kemujan, P. Parang dan P. Nyamuk. Luas wilayah teritorial Karimun Jawa 107.225 ha, sebagian besar berupa lautan (100.105 ha) dengan luas daratan 7.120 ha yang terdiri atas gugusan pulau berjumlah 27 pulau besar dan kecil. Pulau terbesar yaitu P. Karimun Jawa (4.302,5 ha). Meskipun luas daratan setiap pulau relatif kecil dan terpecah menjadi 27 pulau, namun kontribusi daratan terhadap sistem keseimbangan alam, daya dukung lingkungan, dan untuk pemenuhan kebutuhan penduduk mempunyai ikatan yang cukup besar dan tak bisa dipisahkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode rasio dideskripsikan secara matematis di persamaan (1). Penggunaan rasio band 1 dan band 2 untuk menormalisasi efek pantulan dasar yang berubah akibat pengaruh kolom air. Fungsi Ln digunakan untuk memperoleh garis linear yang digunakan dalam persamaan regresi. Pemilihan rasio band yang digunakan dalam persamaan mengacu dari hasil regresi terbaik pada persamaan yang menggunakan rasio

Ln B1 dan Ln B2. Nilai reflektan sampel pengambilan nilai kedalaman aktual dimasukkan ke dalam fungsi Ln yang selanjutnya dicari nilai rasio dari dua nilai Ln_{saluran}, nilai rasio dari dua nilai Ln_{saluran} di regresikan dengan nilai kedalaman aktual membentuk grafik regresi seperti berikut :



Gambar 4.1 Grafik Regresi Rasio Dengan Kedalaman Aktual

Tabel 4.1 Nilai Koefisien Korelasi (r) & Koefisien Determinan (R²)

Persamaan Linear	Kombinasi Saluran	r	R ²
$y = -47.80x + 76$	B1/B2	0.744828	0.549
$y = -0.229x + 12.75$	B1/B3	0.382577	0.144
$y = -0.356x + 12.98$	B2/B3	0.368462	0.133
$y = 96.17x - 60.07$	B2/B1	0.778101	0.6
$y = 48.37x + 3.024$	B3/B1	0.601696	0.358
$y = 33.37x + 3.561$	B3/B2	0.527289	0.274
$y = 264.5x - 224.9$	Ln B1/Ln B2	0.843238	0.711
$y = 43.81x - 13.97$	Ln B1/Ln B3	0.523794	0.274
$y = 34.57x - 11.24$	Ln B2/Ln B3	0.42585	0.181
$y = -199.4x + 234.9$	Ln B2/Ln B1	0.801441	0.642
$y = -12.03x + 29.97$	Ln B3/Ln B1	0.497438	0.169
$y = -11.69x + 31.89$	Ln B3/Ln B2	0.411582	0.247

Fungsi regresi menunjukkan persamaan linear terbaik adalah rasio Ln_{band 1} dengan Ln_{band2}, ditunjukkan nilai koefisien determinasi (R²) tertinggi sebesar 0,711. Persamaan empiris yang dipakai adalah persamaan regresi dengan nilai koefisien determinasi terbaik sehingga untuk menentukan nilai kedalaman adalah menggunakan persamaan regresi berikut :

$$y = 264.5x - 224.9 \quad (3)$$

Keterangan :

y = kedalaman yang dicari
 $x = \text{Ln} (nR_w(\lambda_1)) / \text{Ln} (nR_w(\lambda_2))$

Nilai kedalaman yang didapatkan dengan memasukan rumus di atas pada algoritma pengolahan citra menghasilkan citra kedalaman perairan dangkal. RMSE (*root mean square error*) merupakan akar dari rata-rata jumlah kuadrat nisbah antara selisih nilai kedalaman aktual hasil pengukuran lapangan dengan nilai kedalaman hasil estimasi pengolahan citra penginderaan jauh. Nilai RMSE yang lebih kecil, menunjukkan model persamaan estimasi kedalaman yang lebih baik. Ini merupakan salah satu cara uji akurasi estimasi kedalaman dari pengolahan citra penginderaan jauh. RMSE dapat dihitung :

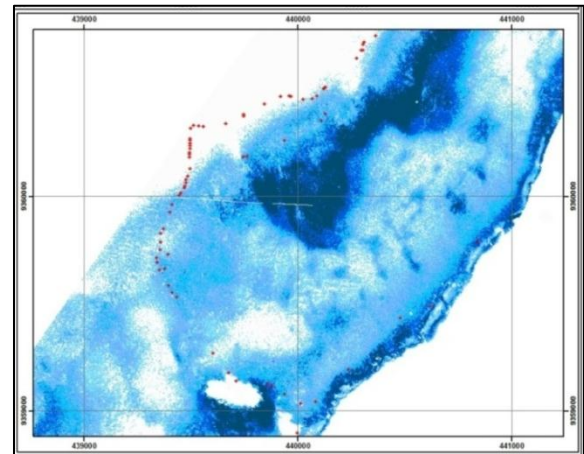
$$\sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{n}{n} \left(\frac{100e}{V_{ti}}\right)^2} \quad (4)$$

Keterangan :

- e = $V_{ti} - V_{ai}$
- n = Jumlah titik kedalaman yang digunakan dalam validasi model
- V_{ti} = Nilai kedalaman hasil estimasi pengolahan citra ke-i
- V_{ai} = Nilai kedalaman aktual hasil pengukuran lapangan ke-i



Gambar 4.1 Citra Hasil Pengolahan



Gambar 4.2 Citra Kedalaman Hasil Persamaan Terbaik

Tabel 4.2 Nilai *RMS Error* Persamaan Fungsi Kedalaman

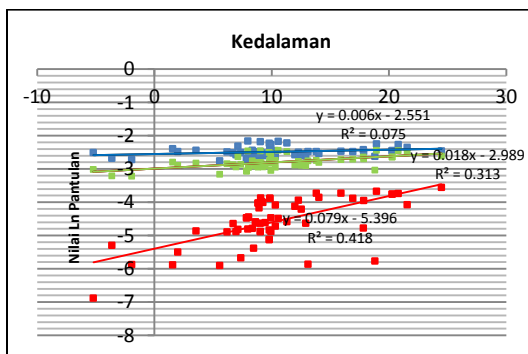
Persamaan linear	Kombinasi Saluran	RMS Error
$y = 264.5x - 224.9$	$\text{Ln } B1 / \text{Ln } B2$	2.3092921
$y = -199.4x + 234.9$	$\text{Ln } B2 / \text{Ln } B1$	3.2208963
$y = 96.17x - 60.07$	$B2 / B1$	3.7098784
$y = -47.80x + 76$	$B1 / B2$	4.0065838

Saluran biru yang merupakan panjang gelombang terpendek menembus badan perairan dengan jarak yang lebih panjang dari saluran lainnya, disusul dengan panjang gelombang saluran hijau dan selanjutnya panjang gelombang merah. Semakin pendek panjang gelombang maka kemampuan menembus badan perairan akan semakin panjang. Kedalaman mempengaruhi besarnya tenaga yang mencapai dasar perairan. Semakin besar kedalaman maka semakin kecil cahaya matahari yang mencapai dasar perairan karena tenaga ini banyak diserap oleh obyek perairan. Dengan demikian makin sedikit energi yang

dipantulkan obyek ke sensor sehingga nilai spektralnya akan menurun.

Nilai pantulan berbanding lurus dengan nilai kedalaman. Ini dapat dilihat di grafik linear hubungan nilai pantulan terhadap nilai kedalaman laut. Nilai pantulan dari ketiga saluran yang digunakan untuk mengekstraksi informasi kedalaman dari citra penginderaan jauh menunjukkan hubungan yang hampir sama.

Grafik linear nilai pantulan terhadap nilai kedalaman laut tiap saluran bernilai positif dikarenakan rumus persamaan yang digunakan bernilai positif. Jadi apabila diterapkan pada citra, hasilnya akan menunjukkan hubungan yang positif antara kedalaman dengan nilai pantulan citra, namun hasilnya tidak mengubah hubungan nilai piksel citra tersebut dengan kedalaman.



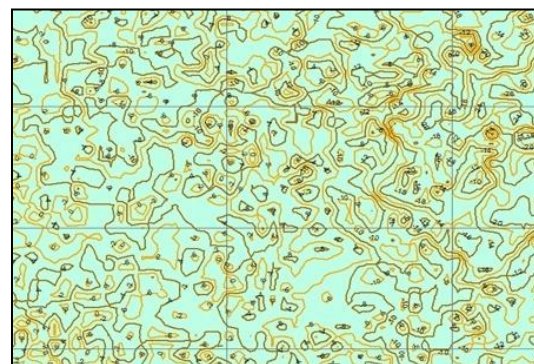
Gambar 4.3 Grafik Linear Hubungan Nilai Pantulan Terhadap Nilai Kedalaman Laut

Grafik tersebut menunjukkan pengaruh eksponensial kedalaman laut terhadap nilai spektral citra yang berubah menjadi hubungan linear setelah dilakukan transformasi Ln. Ini membuktikan kenyataan bahwa saat cahaya matahari masuk ke dalam tubuh perairan maka intensitasnya akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya kedalaman laut.

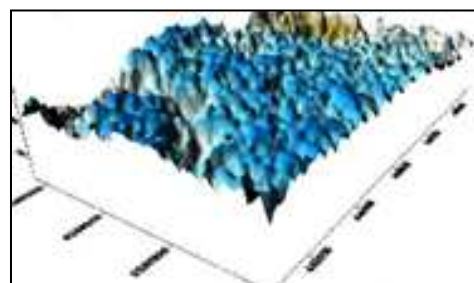
Saluran merah menunjukkan grafik yang lebih mencolok daripada saluran biru dan hijau. Nilai pantulan berdekatan di kedalaman 10 meter. Saluran biru menunjukkan nilai pantulan tertinggi terhadap perairan dibandingkan dengan dua saluran lainnya. Saluran biru merupakan

saluran tampak dengan koefisien atenuasi tertinggi. Kemampuannya menembus badan perairan dan memantulkan energi obyek lebih banyak ke sensor. Saluran merah dengan nilai pantulan terendah, kemampuannya menembus badan perairan sangat rendah serta sebagian besar energi lebih banyak diserap obyek material dasar perairan sehingga tidak cukup banyak energi yang dipantulkan kembali oleh obyek ke sensor, saluran merah memiliki koefisien atenuasi yang lebih besar.

Penyusunan peta batimetri dilakukan dengan cara konturing titik-titik nilai kedalaman hasil pengolahan citra digital. Titik-titik nilai kedalaman dari hasil pengolahan citra masih berbentuk piksel raster dari citra Quickbird dengan luasan tiap pikselnya adalah $2,4 \times 2,4 \text{ m}^2$. Diasumsikan bahwa nilai kedalaman di daerah yang tercakup oleh luasan tersebut adalah sudah terwakili dari nilai kedalaman piksel yang bersangkutan. Kontur yang ditampilkan adalah kontur dengan nilai kedalaman yang lebih dari 0 meter sampai kedalaman 28 meter, kontur dengan nilai kedalaman kurang dari 0 meter dan lebih dari 28 meter dieliminasi karena merupakan nilai kedalaman dengan tingkat kesalahan tinggi.



Gambar 4.4 Kontur Kedalaman Perairan



Gambar 4.5 Kenampakan 3 Dimensi

Pemilihan citra Quickbird untuk mengekstraksi informasi kedalaman awalnya ditinjau dari keadaan fisik perairan Karimun Jawa yang landai dimana keadaan kedalaman perairannya akan lebih terrepresentasikan dengan citra beresolusi spasial detail seperti citra Quickbird. Dengan ukuran luasan kecil per pikselnya sangat memungkinkan menggambarkan topografi dari kedalaman perairan dengan sangat jelas dan detail. Terlebih lagi, *contur indeks*(*ci*) yang dipakai untuk pemetaan perairan dangkal sangatlah dekat dan perubahan nilai kedalaman di perairan ini terjadi pada jarak yang dekat sekitar 5 meter dan untuk beberapa lokasi terjadi pada jarak 1-2 meter.

Dengan demikian, pemetaan kedalaman perairan dengan menggunakan citra Quickbird baik digunakan untuk topografi bawah perairan yang relatif datar-landai agar lebih dapat menggambarkan detail topografinya. Untuk daerah kajian yang berbeda dengan kondisi perairan yang berbeda akan membutuhkan metode lain dalam pemetaan kedalaman perairan menggunakan citra penginderaan jauh.

KESIMPULAN

1. Pemetaan kedalaman perairan dangkal dari citra multispektral Quickbird menggunakan metode rasio linear terbatas sampai 28 meter dan kondisi perairan jernih, belum bisa diterapkan untuk kondisi perairan yang berbeda. Rasio melibatkan saluran biru merupakan rasio terbaik yang digunakan untuk menghitung nilai kedalaman perairan.
2. Kondisi kedalaman hasil pengolahan citra Quickbird dibandingkan dengan data kedalaman sebenarnya, beberapa hasil pengolahan sesuai sedangkan yang lain lebih dan kurang dari nilai kedalaman sebenarnya, RMSE sebesar 2.31. Nilai kedalaman hasil pengolahan citra menjauh

dari nilai kedalaman dipengaruhi material dasar bawah perairan daerah kajian. Nilai kedalaman hasil pengolahan citra Quickbird dengan nilai kedalaman aktual hasil pengukuran menunjukkan kemiripan atau semakin benar mendekati kenyataan ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.843.

3. Peta kontur kedalaman perairan dangkal menunjukkan kondisi kedalaman yang ekstrim. Perbedaan kedalaman yang ekstrim beberapa sesuai dengan kondisi perairan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bierwirth, P.N., Lee, T.J., and Burne, R.V., 1993, *Shallow Sea Floor Reflectance And Water Depth Derivced By Unmixing Multispektral Imagery*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 59, 331–338.
- Jerlov, N.G., 1976, *Marine Optics, Elsevier Oceanography Series, Volume 14*, , Amsterdam : NL Elsevier Scientific Publishing Company, 231p.
- Jupp, D.L.B., 1988, Background And Extensions To Depth Of Penetration (DOP) Mapping In Shallow Coastal Waters. In: *Proceedings Of The Symposium On Remote Sensing Of The Coastal Zone*, Gold Coast, Queensland, Australia, pp. IV.2.1 – IV.2.19, September 1988.
- 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, 71-82.
- Wicaksono, Pramaditya., 2010, *Integrated Model of Water Column Correction Technique For Improving Satellite-Based Benthic Habitat Mapping, A Case Study on Part of Karimunjawa Islands, Indonesia*, Yogyakarta: International Master Program for Planning and Management of Coastal Area and Watershed Gadjah Mada University.