

## PEMETAAN BATIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN ALGORITMA JUPP PADA CITRA SPOT-7 DI PERAIRAN TANJUNG TIRAM

### Shallow Water Mapping Using Jupp Algorithm at SPOT-7 Image in Tanjung Tiram

Kurniawan Harianto<sup>1</sup>, Amadhan Takwir<sup>2</sup>, Halili<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo  
Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232

<sup>1</sup>E-mail: kurniawanharianto14@gmail.com

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui hubungan antara nilai-nilai setiap kanal citra SPOT-7 dengan kedalaman perairan dangkal Tanjung Tiram, mensimulasi tingkat akurasi serta memetakan kedalaman pada perairan Tanjung Tiram menggunakan algoritma Jupp. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2018 di perairan Tanjung Tiram. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan pengumpulan data-data primer dan sekunder hingga pengolahan data citra. Data primer berupa data batimetri. Data sekunder berupa data pasang surut. Data citra yang digunakan adalah citra SPOT-7 yang memiliki 4 kanal, multispektral dengan resolusi spasial 6 m terdiri dari kanal spektral biru (450 – 520 nm), hijau (530-590 nm), merah (625- 695 nm) dan band NIR (760 - 890 nm). Pengolahan data citra dilakukan dengan mengubah nilai digital menjadi nilai kedalaman perairan berdasarkan algoritma Jupp lalu koreksi terhadap pasang surut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan anatara nilai digital (DN) dan kedalaman lapangan cukup baik dengan nilai  $R^2$  0,71. Selain itu, terlihat bahwa nilai digital setiap kanal cenderung semakin rendah dengan bertambahnya kedalaman lapangan suatu perairan begitu pun sebaliknya.

Kata Kunci : Tanjung Tiram, Batimetri, Citra SPOT-7, Algoritma Jupp

#### Abstract

This study aimed at determine the relationship between Digital Number (DN) of SPOT-7 image and the shallow water depth, to simulate the accuracy level of depth from image and to map the shallow water depth in Tanjung Tiram using Jupp's algorithm. It was conducted in January - March 2018. Research method used bathymetry data collected through field survey and adjusted using tidal data. The image data was 6 m spatial resolution of SPOT-7 with 4 multispectral channels consisted of blue spectral channels (450 - 520 nm), green (530-590 nm), red (625-695 nm) and NIR bands (760 - 890 nm). Image processing was done through converting the DN into a water depth value based on Jupp's algorithm and corrected by tide data. Results showed that the relationship between DN and depth water from field was quite good achieved  $R^2$  0,71. In addition, it can be seen that the DN of each channel tended to be lower with the increasing of depth.

Keywords: Tanjung Tiram, Bathymetry, SPOT-7 Image, Jupp Algorithm

#### Pendahuluan

Perairan laut dangkal dalam istilah oseanografi didefinisikan sebagai wilayah yang terbentang mulai dari batas pantai sampai dengan kedalaman 200 m. Namun dalam lingkup penginderaan jauh, perairan laut dangkal yang dimaksud merujuk pada kemampuan citra satelit dalam menembus kolom perairan (Setyawan *et al.*, 2014). Batimetri mengarah pada gambaran bentuk permukaan dasar perairan dengan adanya informasi kedalaman. Informasi batimetri perairan dangkal di wilayah pesisir merupakan salah satu informasi utama untuk

navigasi. Informasi dari data kedalaman ini juga sangat penting untuk mengelola sarana dan fasilitas pelabuhan.

Pemetaan batimetri perairan dangkal memperlihatkan relief permukaan bumi (*vertical dimension of land surface*). Batimetri perairan dangkal merupakan bagian penting dalam studi morfologi, penelitian lingkungan dan pengelolaan zona sumber daya pantai. Pemetaan batimetri biasanya dilakukan dengan survey kedalaman perairan di lapangan dengan lokasi tertentu (Arief, 2012).

Melakukan survey batimetri perairan dangkal, dimana ekosistem lamun dan terumbu karang berada di dalamnya sangat sulit dilakukan. Kapal-kapal yang membawa alat untuk pemetaan batimetri, seperti perlengkapan akustik (echosounder, sonar dan lainnya) tidak dapat masuk dan bergerak dengan leluasa untuk melakukan pemetaan karena berbahaya (dangkal) dan kondisi substrat dasarnya yang tidak beraturan. Disamping itu, perairan dangkal di Indonesia sangat luas, sehingga pemetaan dengan menggunakan metode konvensional memerlukan waktu yang lama dan biaya tinggi (Wouthuyzen, 2001). Dari hal tersebut, Arief (2012) juga memaparkan teknologi penginderaan jauh merupakan teknologi yang relatif lebih murah dan sangat diperlukan dalam kepentingan pemetaan batimetri, mempunyai wilayah cakupan yang luas serta dapat menjangkau wilayah relatif sulit dan datanya dapat diperbaharui setiap saat dengan mudah.

Perairan Tanjung Tiram memiliki struktur substrat dan kedalaman yang bervariasi. Wilayah perairan Tanjung Tiram selama ini digunakan untuk kegiatan penangkapan ikan dan proses budidaya laut baik budidaya ikan maupun non ikan. Informasi kedalaman perairan dangkal akan sangat membantu proses perencanaan pembangunan baik oleh pemerintah desa maupun oleh pihak-pihak terkait lainnya.

Penggunaan teknologi penginderaan jauh memiliki beberapa keunggulan seperti memberikan informasi secara kontinu, data yang dihasilkan berupa data digital dalam bentuk foto atau citra yang memudahkan manusia untuk mengolahnya, cakupan daerah yang diobservasi luas dan mampu mendeteksi daerah yang sulit dijangkau atau berbahaya bagi manusia, dan tidak memerlukan pengeluaran yang besar karena biayanya yang relatif murah. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan BSNI (2010) tentang informasi yang diperoleh dari penginderaan jauh kawasan pesisir bermanfaat dalam pengelolaan dan pembangunan sumberdaya laut dalam industri kelautan.

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian dan pemetaan batimetri perairan dangkal untuk analisis kondisi perairan laut dangkal yang dapat menunjang sebagai referensi guna keperluan

pemanfaatan kawasan pesisir, seperti yang dikatakan oleh Siregar dan Selamat (2010) bahwa batimetri perairan dangkal sangat penting untuk studi morfologi dasar laut, pengelolaan dan manajemen sumber daya zona pesisir. Pendekatan algoritma merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memecahkan kelemahan-kelemahan pendugaan batimetri dengan data satelit. Penelitian ini akan mencoba menggunakan algoritma Jupp untuk pendugaan kedalaman yang hanya terbatas pada perairan laut dangkal dengan menggunakan citra satelit SPOT-7 khususnya di daerah perairan Tanjung Tiram yang terletak di Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

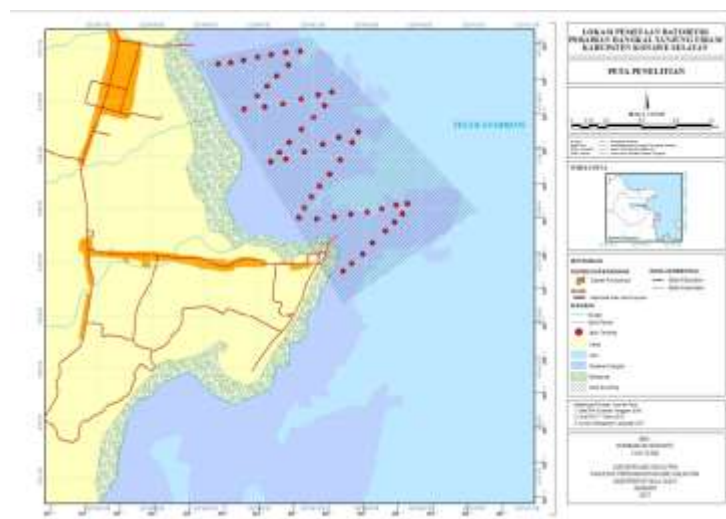
### Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2018. Penelitian akan dilakukan di wilayah perairan Tanjung Tiram, Kecamatan Moramo Utara, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah perangkat analisis data berupa Laptop, *Er Mapper 7.0*, dan *Arc GIS 10.2* serta perangkat observasi lapangan berupa GPS, *Map Sounder*, dan tongkat berskala untuk mengukur pasang surut. Bahan yang digunakan ialah data batimetri, data pasang surut, dan data Citra SPOT-7.

Penyediaan data batimetri akan dilakukan dengan data yang sudah ada dan telah diambil pada lokasi dengan menggunakan sarana transportasi perahu untuk mobilisasi pada zona perairan dangkal. Pengambilan data batimetri dilakukan dengan cara zigzag tegak lurus pantai dan menyisir sejajar garis pantai dan perahu dilengkapi dengan alat *Map Sounder* untuk pengambilan beberapa titik/plot kedalaman di sekitar perairan Tanjung Tiram. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 1.

Berdasarkan hasil survey awal pada lokasi penelitian, wilayah sounding (pengambilan data batimetri) dilakukan dengan cara zigzag tegak lurus pantai menyisir sejajar garis pantai. Baik itu dengan titik awal pengambilan data batimetri dari wilayah perairan Tanjung Tiram yang berdekatan dengan Desa Wawatu menuju wilayah perairan Tanjung Tiram yang berbatasan langsung dengan perairan Desa Lalowaru ataupun sebaliknya.



Gambar 1. Zona Data Batimetri.

Data sekunder yang berupa data pasang surut air laut diperoleh dari pengukuran lokasi penelitian dan waktu pengukurannya bersamaan dengan waktu *sounding* (pengambilan data kedalaman) perairan Tanjung Tiram.

Citra satelit SPOT 7 yang digunakan lebih di fokuskan pada daerah penelitian dengan menggunakan cara cropping pada citra. Selanjutnya dilakukan koreksi.

#### a. Koreksi Radiometrik

Koreksi atmosferik dilakukan dengan menggunakan cara yang sederhana, yang dikenal dengan nama Dark Pixel Subtration/DOS (Schott, 1997), dimana diasumsikan bahwa jika tidak ada pengaruh atmosferik, maka data setiap kanal suatu satelit memiliki Digital Number (DN) minimum = 0 (nol). Jika DN suatu kanal tidak sama dengan 0, maka selisih nilai antara DN minimum dan 0 merupakan bias yang disebabkan oleh pengaruh atmosferik dan/atau pengaruh degradasi sensor karena semakin tua. Jadi, jika DN suatu kanal dikurang nilai minimumnya, maka diasumsikan pengaruh atmosferik telah dikoreksi (Danoedoro, 1996). Secara sederhana, koreksi atmosferik dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

DN terkoreksi Kanal  $i$  =  $DN - DN_{\text{minimum}}$  kanal  $i$

#### b. Koreksi Pasang Surut

Satelit pada umumnya akan melewati suatu daerah yang sama dan merekam data pada waktu lokal yang sama pula. Satelit SPOT melintas pada waktu lokal sekitar Pukul 10 pagi. Survey pemeruman dilakukan

sekitar 2 jam sebelum dan sesudah satelit lewat di lokasi kajian (antara Pukul 8:00 – 12:00). Oleh karena adanya pengaruh pasang surut, maka seluruh data hasil pemeruman harus dikoreksi terhadap ketinggian air pada Pukul 10:00, kemudian hasil koreksi tersebut dikoreksi lagi terhadap ketinggian air pada Pukul 10:00 waktu citra SPOT.

Citra satelit yang merekam obyek permukaan bumi pada waktu yang berbeda yang disebabkan oleh perbedaan tinggi orbit satelit masing – masing sensor. Dengan perbedaan tersebut, kondisi pasang surut pada lokasi penelitian harus diketahui dan disesuaikan dengan waktu perekaman sensor satelit. Hal ini dilakukan karena data batimetri hasil pengukuran akan dikoreksi dengan tinggi muka laut sehingga perlu standarisasi/datum yang sama antara kedua data satelit dengan data lapangan.

Pada peta batimetri yang akan dihasilkan, data kedalaman umumnya dinyatakan berdasarkan kedalaman dari muka/datum surutan tertentu seperti MSL (Mean Sea Level) atau LLW (Lowest Low Water). Data kedalaman dari sistem indera pada saat pengukuran masih dipengaruhi pasut air laut, sehingga data ukuran kedalaman harus dikoreksi dengan suatu besaran koreksi pasut yang merupakan selisih tinggi/kedalaman perairan saat sensor melintas dengan permukaan laut referensi (Ilyas, 1996).

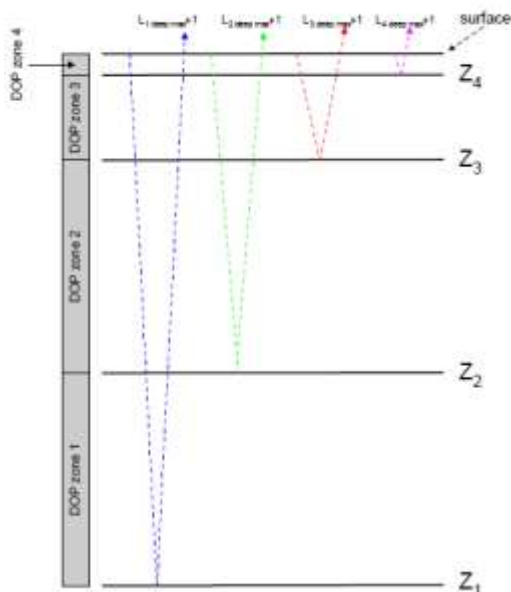
Teknik penyesuaian data kedalaman dengan kondisi tinggi muka air laut adalah dengan persamaan yang digunakan oleh Labaro (1995), yakni :

$K_s = K_a \pm B_p$   
 $K_s$  = Kedalaman perairan sebenarnya  
 $K_a$  = Data kedalaman pada alat/kedalaman hasil olah citra  
 $B_p$  = Bias pasut :  
 - tinggi pasang (h) di atas permukaan laut rata – rata,  
 + tinggi pasang (h) di bawah permukaan laut rata-rata.

#### Pemetaan Perairan Dangkal Menggunakan algoritma Jupp

Metode Jupp (1988) atau metode DOP (Depth of Penetration) mempunyai tiga asumsi kritis yakni (1) atenuasi cahaya adalah fungsi eksponen dari kedalaman, (2) kualitas air (karena koefisien k) tidak bervariasi dengan gambar atau citra dan (3) warna (karena efek pantulan cahaya) dari substrat dasar perairan adalah tetap.

Ekstraksi kedalaman dari citra satelit dapat dilakukan dengan menggunakan model DOP atau zona penetrasi kedalaman (Jupp 1988). Band *visible* mempunyai kemampuan untuk menembus kolom air (penetrasi) dengan kemampuan yang berbeda-beda. Dengan memanfaatkan perbedaan penetrasi ketiga band tersebut, maka diketahui zona kedalaman perairan yang terbentuk pada batas perbedaan penetrasi antara dua band.



Gambar 2. Diagram DOP zone.

#### Interpolasi Zona DOP

Untuk mengekstrak nilai digital menjadi nilai kedalaman dengan algoritma Jupp, maka variabel yang harus diketahui

terlebih dahulu adalah variabel k dan  $A_i$ , dengan :

$$k_i = ((X_{\max} - X_{\min})) / (2(Z_j - Z_k))$$

$$A_i = X_{\min} + 2k_i Z_j$$

Dimana :

$k_i$  = Koefisien attenuasi pada kanal i

$X_{\max} = \ln(L_{\max} - L_{\text{deepmean}})$  ;  $L_i$  = nilai DN pada kanal i ;  $L_{\text{deepmean}}$  = rata-rata DN di laut dalam ;  $L_{\max}$  = DN maksimal

$X_{\min} = \ln(L_{\min} - L_{\text{deepmean}})$  ;  $L_i$  = nilai DN pada kanal i ;  $L_{\min}$  = DN Minimum,

$Z_j$  = Kedalaman maksimum range kedalaman pada DOP i,

$Z_k$  = Kedalaman minimum range kedalaman pada DOP i,

Interpolasi kedalaman berdasarkan nilai digital menggunakan formula kedalaman sebagai berikut :

$$Z = (A_i X_i) / 2k_i \text{ Dimana :}$$

$Z$  = Kedalaman citra,

$X_i = L_i - L_{\text{deepmean}}$ ,  $L_i$  = nilai digital pada kanal i (Green, 2000).

#### Hubungan Antara Nilai Digital dengan Kedalaman Perairan

Penelitian menggunakan metode dan data tertentu perlu dilakukan uji ketelitian atau validasi data, karena hasil uji ketelitian mempengaruhi besarnya tingkat kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya. Tingkat validasi data kedalaman hasil ekstraksi citra satelit dianalisis dengan menggunakan analisa regresi linear. Analisa regresi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar akurasi data batimetri hasil ekstraksi citra dengan data kedalaman dengan melihat nilai koefisien determinasinya  $R^2$ . Dimana  $x$  = kedalaman hasil survey dan  $y$  = nilai DN (Digital Number).

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

Dimana :

$n$  = 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

Uji Akurasi Kedalaman Citra Spot-7

Untuk mengetahui seberapa besar bias (selisih) antara kedalaman lapangan dan kedalaman hasil ekstraksi citra dilakukan dengan menerapkan 3 tingkat toleransi bias yakni  $\pm 0,5$  meter,  $\pm 1$  meter,  $\pm 1,5$  meter. Persamaan yang digunakan adalah :

$$\text{bias} = \frac{(ni)}{(n)} \times 100\%$$

Dimana :

$ni$  = Jumlah sampling yang masuk dalam kategori 0,5 meter, 1 meter dan 1,5 meter ;

$n$  = Jumlah total data sampling.

**Hasil dan Pembahasan**

Dalam siklus 24 jam terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut hal tersebut dapat terlihat pada Gambar 4. Dengan demikian, tipe pasang surut pada lokasi penelitian ini yaitu pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevalling Semidiurnal*).

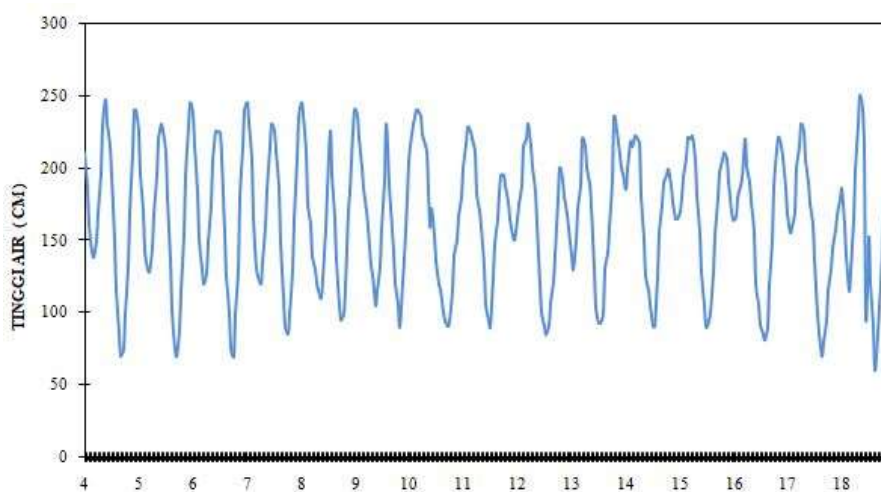
Pada gambar masing-masing kanal memiliki 3 wilayah seperti darat yang ditunjukkan dengan (garis panah putih), perairan dangkal berwarna abu-abu (garis panah kuning) dan perairan laut dalam (garis

panas merah), tampilan citra kanal 1 dengan karakteristik pancaran gelombang (450 - 525 nm) dan kanal 2 (530 - 590 nm) relatif sama. Tampilan citra kanal 3 memiliki karakteristik (625 - 695 nm) terlihat mulai adanya absorpsi sedangkan tampilan kanal 4 yang merupakan saluran infra merah dekat, area perairannya didominasi warna gelap akibat adanya absorpsi yang tinggi oleh perairan dapat dilihat pada arah panah berwarna merah. Karakter panjang gelombang infra merah dekat adalah (760 - 890 nm) dan cepat terabsorpsi oleh permukaan air sehingga bagian perairan (daerah) berwarna gelap (biasanya dicirikan dengan nilai digital = 0) sedangkan bagian darat dicirikan dengan nilai digital tinggi seperti yang ditunjukkan panah berwarna putih. Sehingga demikian, kanal 4 tidak dipakai dalam tahap analisis lebih lanjut untuk menduga kedalaman perairan dangkal.

Berdasarkan tabel 1, amplitudo komponen pasang surut pasang surut campuran. Terlihat data S0 pada tabel yang merupakan MSL yang digunakan untuk mengoreksi nilai kedalaman perairan hasil survey lapangan dan hasil interpolasi pada citra.

Tabel 1. Amplitudo Komponen Pasang surut

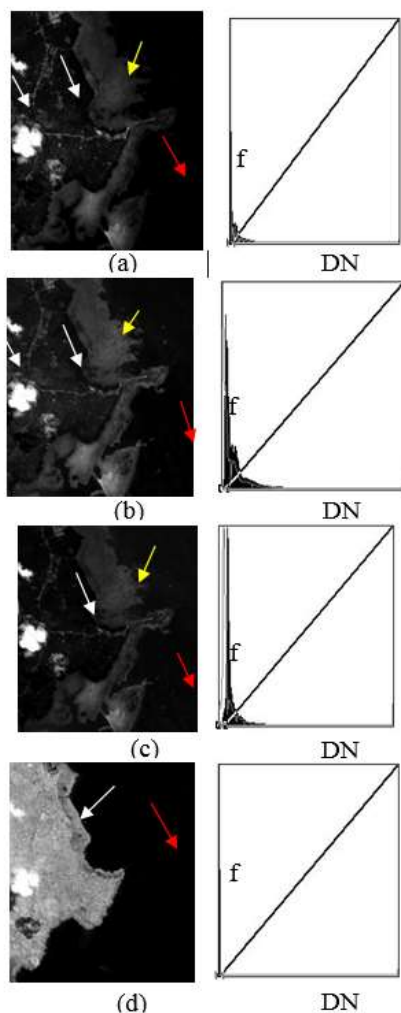
| Komponen Pasut | S0   | M2                                       | S2  | N2  | K1 | O1 | M4  | MS4 | K2  | P1 |
|----------------|------|------------------------------------------|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|
| A Cm           | 160  | 51                                       | 12  | 19  | 38 | 17 | 2   | 1   | 3   | 12 |
| g°             |      | 273                                      | 270 | 151 | 71 | 60 | 111 | 332 | 270 | 71 |
| Tipe           | 0,86 | <i>Mixed Tide Prevalling Semidiurnal</i> |     |     |    |    |     |     |     |    |



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Perairan Tanjung Tiram

### Hubungan Antara Nilai Digital Setiap Kanal Citra SPOT-7 Dengan Kedalaman Lapangan

Nilai digital yang dimiliki oleh citra SPOT-7 pada wilayah penelitian disesuaikan dengan nilai kedalaman di lapangan. Dari data tersebut dijadikan dasar penentuan nilai kedalaman dengan menggunakan Algoritma Jupp.



Gambar 4. Citra SPOT-7 *multispectral* dan Histogram Frekuensi Nilai Digital a). Kanal 1/biru (450 – 520 nm), b). Kanal 2/hijau (530-590 nm), c). Kanal 3/merah (625- 695 nm) d). kanal 4/*near infra red* (760 - 890 nm).

Citra satelit SPOT-7 yang digunakan dalam analisis batimetri ini terdiri atas 3 kanal yakni kanal biru (450 - 525 nm), kanal hijau (530 - 590 nm) dan kanal merah (625 - 695 nm). Secara umum, semakin dalam suatu perairan maka nilai digital pada masing – masing kanal akan semakin rendah.

Berdasarkan gambar hubungan antara nilai digital (DN) dan kedalaman lapangan terlihat bahwa nilai digital setiap kanal cenderung semakin rendah dengan bertambahnya kedalaman lapangan suatu perairan begitu pun sebaliknya. Hal tersebut dikarenakan oleh reflektansi balik atau signal pantul gelombang elektromagnetik yang menembus perairan akan semakin berkurang seiring bertambahnya kedalaman akibat adanya absorpsi oleh kolom perairan.

Green *et al*, (2000) mengatakan bahwa energi elektromagnetik yang menembus perairan sebagian akan diserap untuk dirubah menjadi panas atau energi kimia untuk proses fotosintesis. Energi elektromagnetik oleh kolom air umumnya diserap oleh alga (fitoplankton), suspensi bahan organik dan anorganik, Dissolved Organic Compounds (Yellow Substance), serta kolom perairan itu sendiri.

Pada beberapa titik sampling, besarnya nilai digital tidak linear dengan kedalaman. Tutupan substrat berupa lamun diduga sebagai salah satu penyebab sehingga nilai digital tidak konsisten terhadap perubahan kedalaman. Jupp (1998) lebih jauh mengatakan bahwa terjadinya eror atau kesalahan dalam memprediksi kedalaman dari citra satelit sebagian besar disebabkan oleh variasi albedo dan sifat reflektansi dari tutupan substrat dasar seperti pada lamun dimana umumnya lamun dengan kepadatan yang tinggi lebih banyak dianggap sebagai laut dalam.

Kanal hijau (band 2) memiliki hubungan yang paling baik dibandingkan dengan kanal biru dan kanal merah. Sebagian besar eror atau kesalahan dalam pendugaan kedalaman menggunakan citra satelit disebabkan oleh variasi albedo dan sifat – sifat reflektansi dari tiap substrat. Area yang gelap, seperti substrat *seagrass*, biasanya diinterpretasi sebagai perairan dalam. Dengan angka kedalaman real yang sama dengan substrat *seagrass*, substrat pasir akan memberikan reflektansi yang relatif lebih tinggi dibandingkan substrat *seagrass*. Dengan demikian, nilai – nilai digital pada masing – masing kanal cenderung tidak konsisten dengan perubahan kedalaman sesungguhnya. Kondisi yang demikian akan menjadi kendala akurasi kedalaman citra dimana sifat – sifat dasar perairan masih terlihat yang akan membaurkan pendugaan kedalaman (Green *et al*. 2000 ; Jupp 1998 ; Benny and Dawson 1983).





Gambar 5. Hubungan DN Band 1 dan Kedalaman Lapangan.



Gambar 6. Hubungan DN Band 2 dan Kedalaman Lapangan.



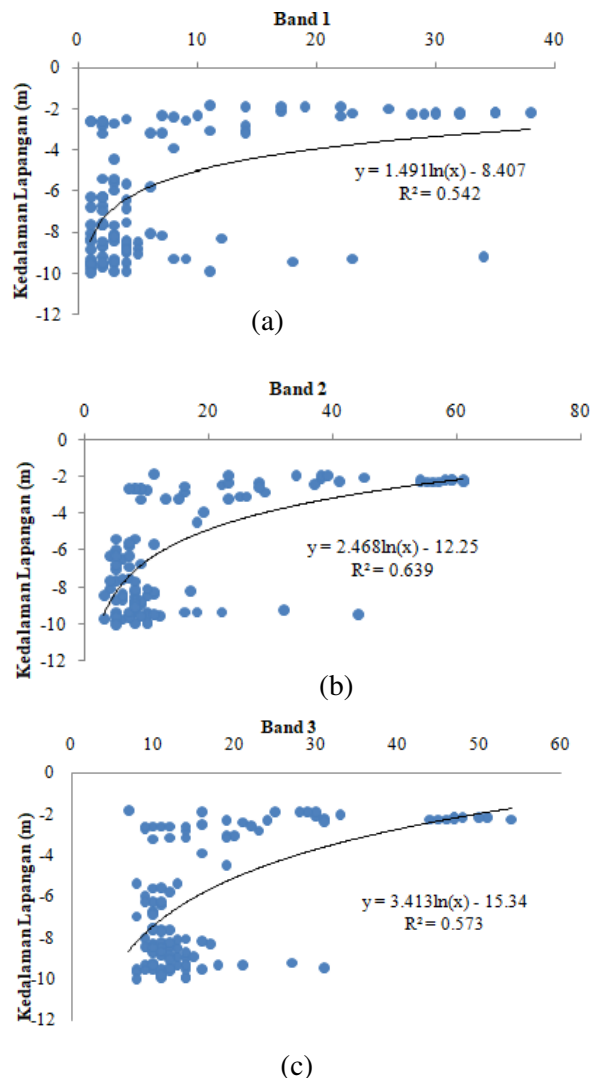
Gambar 7. Hubungan DN Band 3 dan Kedalaman Lapangan.

Setiap zona penetrasi kedalaman menggambarkan suatu kawasan perairan dimana variasi kedalamannya dapat diamati pada satu kanal dan tidak teramati pada kanal lainnya. Batas pemisah zona penetrasi tersebut adalah nilai digital tertinggi untuk kawasan perairan terdalam pada kanal yang bersangkutan (Siregar dan Selamat, 2010).

Kualitas air juga memberikan dampak terhadap kemampuan cahaya untuk menembus kolom perairan guna pendugaan kedalaman. Sumber pencemaran umumnya berasal dari limbah domestik, industri dan pertanian. Hal ini membawa konsekuensi pada semakin meningkatnya beban kekeruhan suatu perairan. Terlebih pada daerah Tanjung Tiram terdapat pembukaan lahan untuk lokasi industri yang menyebabkan sebagian area mangrove habis dan berdampak pada peningkatan kekeruhan perairan tersebut. Kekeruhan suatu perairan dapat menyebabkan perbedaan informasi

kedalaman antara data survey lapangan dan data pendugaan melalui Citra Satelit. Kekeruhan yang meningkat pada wilayah perairan Tanjung Tiram menyebabkan energi cahaya yang dimiliki suatu Citra dan terpapar ke bumi sebagian dapat menembus kolom perairan dan sebagian langsung dipantulkan kembali dengan informasi kedalaman yang didapatkan tidak sesuai pada data lapangan.

Nilai DN tertinggi pada laut dalam (DN Ldeep) dianggap sebagai batas penetrasi kanal sinar tampak untuk menembus kolom air. Kedalaman pada  $DN < Ldeep_{max}$  dianggap sebagai nol dimana gelombang elektromagnetik terserap habis oleh kolom air, dan kedalaman pada nilai  $DN > Ldeep_{max}$  merupakan kemampuan penetrasi kanal sinar tampak yang mampu ditangkap oleh sensor satelit. Hasil analisis citra SPOT-7 diperoleh nilai DN maksimum kanal 1,2 dan 3 berturut-turut adalah, 38, 61 dan 54.



Gambar 9. Plot Hubungan antara Nilai Digital Citra SPOT-7 dengan Kedalaman Lapangan; (a) Kanal 1, (b) Kanal 2, (c) Kanal 3.

#### Interpolasi zona DOP

Zona DOP selanjutnya menjadi input untuk ekstraksi nilai digital menjadi nilai kedalaman dengan mencari koefisien attenuasi dan variabel  $A_i$  pada masing – masing zona DOP. Dari hasil perhitungan diperoleh koefisien attenuasi pada masing – masing zona DOP2 dan DOP3 adalah 0,472 dan 0,340.

Pada penelitian ini, kedalaman citra satelit SPOT-7 diekstrak dengan menggunakan algoritma Jupp. Akurasi kedalaman yang diperoleh dengan menggunakan algoritma tersebut diuji dengan analisis nilai bias atau selisih antara kedalaman citra dan kedalaman hasil survei

lapangan. Untuk melihat besaran hubungan antara kedalaman citra dengan kedalaman lapangan dilakukan dengan analisis regresi yang dilihat berdasarkan koefisien determinasi  $R^2$ . Nilai  $R^2$  yang semakin mendekati 1 maka variabel bebas yakni kedalaman lapangan hampir memberikan semua informasi untuk memprediksi variabel terikat (nilai kedalaman citra yang diduga berdasarkan sebaran nilai digital) yang menunjukkan semakin kuatnya kemampuan menjelaskan perubahan variabel bebas terhadap variabel terikat.

Penilaian akurasi kedalaman citra dianalisis berdasarkan nilai biasanya dengan kedalaman lapangan. Pada tahap ini, diberikan batas toleransi bias antara kedalaman citra dan kedalaman lapangan yakni  $\pm 0,5$  meter,  $\pm 1$  meter,  $\pm 1,5$  meter,  $\pm 2$  meter dan  $> 2$  meter. Batas toleransi tersebut dimaksudkan untuk mengetahui tingkat akurasi pada masing-masing batas toleransi. Dengan demikian, akan diketahui tingkat akurasi kedalaman citra yang bisa diterima pada batas bias  $\pm 1,5$  meter atau dengan kata lain bahwa kedalaman dengan bias di atas 1,5 meter dianggap memiliki akurasi yang buruk.

Berdasarkan Tabel 5 di atas, akurasi kedalaman citra SPOT-7 dengan menggunakan algoritma Jupp pada toleransi bias  $\pm 0,5$  meter,  $\pm 1$  meter dan  $\pm 1,5$  meter masing – masing 35.96, 56.14, dan 69.30 . Penggunaan algoritma Jupp pada penelitian ini menunjukkan akurasi yang cukup baik sehingga algoritma ini bisa direkomendasikan dan digunakan untuk mengekstrak nilai-nilai digital pada citra satelit menjadi nilai kedalaman perairan dangkal. Hal tersebut didukung oleh Melsheimer dan Chin (2001) yang melakukan kajian ekstraksi batimetri berdasarkan citra SPOT multitemporal. Salah satu kesimpulan penelitian Melsheimer dan Chin (2001) bahwa untuk meningkatkan tingkat akurasi kedalaman citra dilakukan dengan membagi image menjadi beberapa zona sesuai dengan kemampuan penetrasi kedalaman pada masing – masing kanal dan menghitung koefisien attenuasi pada zona yang dimaksud berdasarkan nilai kedalaman lapangan.



Tabel 2. Nilai DN pada piksel laut dalam citra SPOT-7

|                                                | Kanal Citra SPOT-7 |       |       |
|------------------------------------------------|--------------------|-------|-------|
|                                                | 1                  | 2     | 3     |
| Nilai DN maksimum laut dalam ( $L_{deepmax}$ ) | 38                 | 61    | 54    |
| Nilai DN minimum laut dalam ( $L_{deepmin}$ )  | 1                  | 3     | 7     |
| Rataan nilai DN laut dalam ( $L_{deemean}$ )   | 5,32               | 11,93 | 13,93 |

Tabel 3. Penentuan batas zona kedalaman citra SPOT

| Paramater                                | Kanal |      | Zona Penetrasi Kedalaman |
|------------------------------------------|-------|------|--------------------------|
|                                          | 2     | 3    |                          |
| Nilai digital air dalam maksimum         | 61    | 54   |                          |
| Jika nilai digital ( $L_i$ ) dari piksel | 4-18  | 8-19 | Maka kedalaman 4,3 – 7,4 |
| Jika nilai digital ( $L_i$ ) dari piksel | 7-61  | 7-54 | Maka kedalaman 0 – 4,2   |

Tabel 4. Koefisien masing – masing zona DOP dan batas nilai DN citra SPOT-7

| Zona Penetrasi Kedalaman | Depth Range (m) | $Z_i$ | $k_i$ | $A_i$ |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| DOP2                     | 4.3 - 7.4       | 7,4   | 0.472 | 8.079 |
| DOP3                     | 0 - 4.2         | 4,2   | 0.340 | 3.909 |

Tabel 5. Akurasi kedalaman citra berdasarkan nilai bias (meter)

| Toleransi Bias Kedalaman (m) | $\pm 0.5$ | $\pm 1$ | $\pm 1.5$ | $\pm 2$ | $> 2$ |
|------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|-------|
| ni (Jumlah Sampel)           | 41        | 68      | 79        | 95      | 15    |
| Akurasi Citra SPOT-7 (%)     | 35.96     | 59.65   | 69.30     | 83.33   | 13.16 |

Ada beberapa hal yang mempengaruhi akurasi daripada kedalaman hasil interpolasi pada citra SPOT-7 khususnya wilayah perairan Tanjung Tiram :

1. Kualitas air juga memberikan dampak terhadap kemampuan cahaya untuk menembus kolom perairan guna pendugaan kedalaman. Sumber pencemaran umumnya berasal dari limbah domestik, industri dan pertanian. Hal ini membawa konsekuensi pada semakin meningkatnya beban kekeruhan suatu perairan. Terlebih pada daerah Tanjung Tiram terdapat pembukaan lahan untuk lokasi industri yang menyebabkan sebagian area mangrove habis dan berdampak pada peningkatan kekeruhan perairan tersebut serta adanya sungai yang bermuara langsung ke wilayah ini. Perairan Tanjung Tiram sendiri masuk dalam Kawasan Konservasi Perairan Daerah (KKPD).

Sesuai data menunjukkan kategori nilai kualitas air (kekeruhan) yang ada dengan nilai 2 (kekeruhan Sedang). Dari tingkat kekeruhan suatu perairan dapat menyebabkan perbedaan informasi kedalaman antara data survey lapangan dan data pendugaan melalui Citra Satelit. Akibat adanya kekeruhan yang meningkat pada wilayah perairan Tanjung Tiram menyebabkan energi cahaya dan terpapar ke bumi sebagian dapat menembus kolom perairan dan sebagian langsung dipantulkan kembali dengan informasi kedalaman yang didapatkan tidak sesuai pada data lapangan.

2. Sebagian besar eror atau kesalahan dalam pendugaan kedalaman menggunakan citra satelit disebabkan oleh variasi albedo dan sifat – sifat reflektansi dari tiap substrat. Area yang gelap, seperti substrat seagrass, biasanya diinterpretasi

sebagai perairan dalam. Dengan angka kedalaman real yang sama dengan substrat lamun (*seagrass*), substrat pasir akan memberikan reflektansi yang relatif lebih tinggi dibandingkan substrat *seagrass*. Dengan demikian, nilai – nilai digital pada masing – masing kanal cenderung tidak konsisten dengan perubahan kedalaman sesungguhnya. Kondisi yang demikian akan menjadi kendala akurasi kedalaman citra dimana sifat – sifat dasar perairan masih terlihat yang akan membaurkan pendugaan kedalaman (Green *et al.*, 2000 ; Jupp 1998 ; Benny and Dawson 1983).

3. Daerah ekosistem lamun dapat diduga sebagai perairan yang dalam oleh sensor satelit karena informasi nilai band yang kembali pada sensor satelit citra menjadi rendah karena adanya penyerapan pada sebagian energi elektromagnetik yang sampai pada lamun. Green *et al.*, (2000) mengatakan bahwa energi elektromagnetik yang menembus perairan sebagian akan diserap untuk dirubah menjadi panas atau energi kimia untuk proses fotosintesis.
4. Adanya perbedaan akurasi pada GPS *Mapsounder* dan Resolusi Citra SPOT-7 secara *multispectral*. Dimana GPS *Mapsounder* memiliki akurasi  $\pm 3$  m sedangkan akurasi pada citra diligit dari Resolusi Spasialnya adalah  $\pm 6$  m, sehingga ini salah satu faktor yang menyebabkan bias antara kedalaman

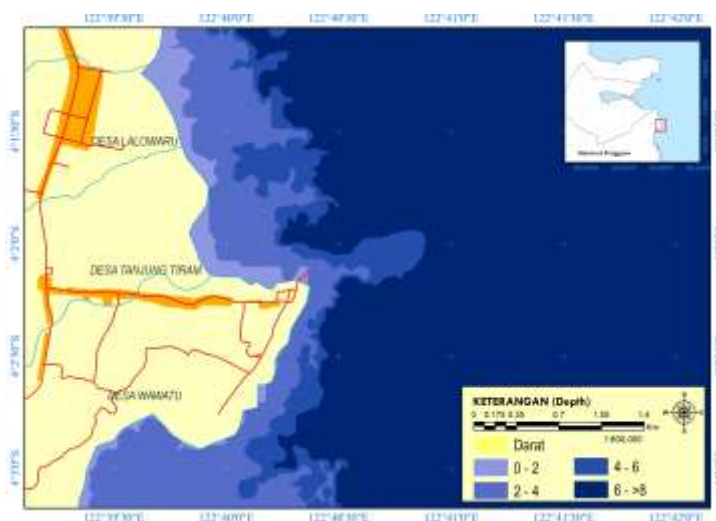
lapangan dan kedalaman hasil interpolasi citra.

#### Peta Kedalaman Perairan Tanjung Tiram

Informasi kedalaman perairan dangkal sangat dibutuhkan untuk kegiatan monitoring ekosistem pesisir, kegiatan budidaya maupun untuk keperluan konstruksi bangunan pantai. Untuk keperluan monitoring ekosistem terumbu karang, kedalaman perairan biasanya dikelaskan menjadi tiga rentang kedalaman yakni 0 – 2 meter, 2 – 6 meter dan 6 – 8 meter. Dari hasil analisis citra SPOT-7 dengan menggunakan algoritma Jupp, maka dapat dibuat peta batimetri perairan Tanjung Tiram yang disajikan pada gambar 10.

#### **Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai digital kanal 2 (hijau) menunjukkan korelasi yang lebih baik dengan nilai kedalaman dibandingkan dengan kanal 1 (merah) dan kanal 3 (biru).
2. Hubungan yang terjadi antara nilai digital dan kedalaman adalah semakin rendah nilai digital pada piksel suatu citra maka nilai kedalaman tinggi. Begitu pula sebaliknya.
3. Berdasarkan analisis toleransi bias antara nilai kedalaman citra dan nilai kedalaman lapangan, tingkat akurasi kedalaman menggunakan Algoritma Jupp relatif cukup baik.



Gambar 10. Peta Kedalaman Perairan Tanjung Tiram Hasil Interpolasi Algoritma Jupp.

## Daftar Pustaka

- Arief M. 2012. Pendekatan Baru Pemetaan Bathymetry Menggunakan Data Jauh SPOT, Studi Kasus Teluk Parigi dan Teluk Popoh. *Jurnal Teknologi Dirgantara*. 10 (1) : 71-72
- Arief M., Hastuti, M., Asriningrum, W., Parwaty, E., Budiman, S., Prayogo, S., Hamzah, R., 2013. Pengembangan Metode Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Satelit SPOT-4 Studi Kasus : Teluk Ratai, Kabupaten Pesawaran. *Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lapan*.
- Badan Standardisasi Nasional, 2010. *Survey Hidrografi dengan Menggunakan Singlebeam Echosounder*. Jakarta.
- Bishop, J.M. 1984. *Applied Oceanography*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. Newyork, USA.
- Dronkers, J.J. 1964. *Tidal Computations in River and Coastal Waters*. North Holland Publishing Company. Amsterdam.
- Green EP, Mumby PJ, Edwards AJ, Clark CD. 2000. *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Paris : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization ( UNESCO).
- Gross, M.G. 1993. *Oceanography : A View of Earth*. (6th edition). Prentice Halls, Englewood Cliffs. New jersey.
- <https://pustekdata.lapan.go.id>. Diakses 2 September 2017
- <https://rastermaps.com>. Diakses 2 September 2017
- Ilyas M. 1996. *Teknologi Survey Laut*. Jakarta : Direktorat Teknologi Inventarisasi Sumberdaya Alam, Deputi Bidang Pengembangan Kekayaan Alam.
- Jupp DLB. 1988. Background and Extensions to Depth of Penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters. *Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone ; Gold Coast, Queensland, Sep 1988*. hlm IV.2.1-IV.2.19.
- Labaro IL. 1995. *Pemetaan Batimetri di Perairan Teluk Liang Taman Laut Bunaken*. Manado : Fakultas Perikanan Universitas Sam Ratulangi.
- Lachlan I.W.M., Werdell.P.J, Peter R.C.S, Fearn, Scarla J, Weeks, Martina R, Bryan A.F, Donald M.S, Gen C.F. 2014. SWIM: A Semi-analytical ocean color inversion algorithm for optically shallow waters. *The University of Queensland. Australia*
- Lyzenga DR. 1978. Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water depth and Bottom Features. *Applied Optics* 17:379-383.
- \_\_\_\_\_. 1985. Shallow-water bathymetry using combined lidar and passive multispectral scanner data. *Int. J. Remote Sens.* 6: 115–125.
- Melsheimer C, Chin LC. 2001. *Extracting Bathymetry from Multi-Temporal Space Images*. Proceeding and presented in Asian Conference of Remote Sensing; Singapore, National University of Singapore ; Singapore Institute of Surveyors and Valuers.
- Nybakken JW. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. M. Eidman, Koesoebiono, Dietrich G.B., Malikusworo H. dan Sukristijono S, penerjemah. Jakarta: PT. Gramedia. 459 hlm.
- Poerbandono dan Djunarsjah, 2005. *Survey Hidrografi*. Refika Aditama. Bandung.
- Pipkin, B.W., Gorsline, R.E. Casey dan D.E. Hammond, 1987. *Laboratory Exercises in Oceanography*. Second Edition. W.H. Freeman and Company. New York.
- Rastermaps. 2015. SPOT Satellite Imagery. [www.rastermaps.com/2015/01/spot.html](http://www.rastermaps.com/2015/01/spot.html). 2 September 2017.
- Schott JR. 1997. *Remote Sensing : The Image Chain Approach*. New York: Oxford University Press.
- Setyawan, I.E., Siregar, V.P., Pramono, G.H., Yuwono, D.M., 2014. *Pemetaan Profil Habitat Dasar Perairan Dangkal Berdasarkan Bentuk Topografi : Studi Kasus Pulau Panggang, Kepulauan Seribu Jakarta*. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 1 (1) : 126
- Siregar VP, Selamat MB. 2010. *Evaluasi Citra Quickbird untuk Pemetaan Batimetri Gobah dengan Menggunakan Data Perum : Studi Kasus Gobah Karang Lebar dan Pulau*

- Panggang. J Ilmu Kelautan 1 : 99 – 109.
- Stumpf, RP, Holderied K, Robinson JA, Feldmen G, Kuring N. 2003. Mapping Water Depth in Clear Water From Space. Proceeding of the 13th Biennial Coastal Zone Conference, Baltimore. 13–17 Jul 2003.
- Stumpf, RP, Holderied K, Sinclair M. 2003. Determination of water depth with highresolution satellite imagery over variable bottom types. Limnology Oceanography 48:547–556.
- Wouthuyzen S. 2001. Pemetaan Perairan Dangkal Dengan Menggunakan Citra Satelit Landsat-5 TM Guna Dipakai Dalam Pendugaan Potensi Ikan Karang : Suatu Studi di Pulau-Pulau Padaido. Jakarta : Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI.