

## **EKSTRAKSI KEDALAMAN LAUT MENGGUNAKAN DATA SPOT-7 DI TELUK BELANGBELANG MAMUJU**

**Arya<sup>1</sup>, Gathot Winarso<sup>2</sup>, Endro Sigit Kurniawan<sup>2</sup>, Agus Iwan Santoso<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

<sup>2</sup> Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

<sup>3</sup> Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

### **ABSTRAK**

Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL merupakan salah satu lembaga yang memiliki tugas menyediakan Peta Laut untuk kepentingan keselamatan pelayaran. Salah satu unsur dalam Peta Laut adalah unsur kedalaman laut. Namun untuk memetakan seluruh wilayah Perairan Indonesia, membutuhkan tenaga, biaya dan keahlian yang sangat besar karena tingkat kesulitan yang tinggi dalam melaksanakan kegiatan pemetaan perairan laut. Teknologi penginderaan jauh memberikan peluang untuk pemetaan batimetri perairan dangkal secara efektif dan efisien, terutama di daerah yang memiliki tingkat perubahan kedalaman yang relatif cepat. Tulisan ini membahas apakah kedalaman laut bisa diekstrak dari data penginderaan jauh dan berapa ketelitiannya. Agar dapat dimanfaatkan dalam mendukung tugas Dishidros dalam menyediakan data Peta Laut. Sehingga pada penelitian ini dikaji tingkat ketelitian batimetri yang diekstrak menggunakan Data SPOT-7 dengan resolusi spasial 6 meter di Perairan Teluk Belangbelang Mamuju Sulawesi Barat. Data lapangan yang digunakan adalah data survei hidrografi untuk pendaratan amphibi di Teluk Belangbelang Mamuju. Metode yang dikaji dalam penelitian ini adalah metode yang dikembangkan oleh Kanno et al (2011) yang dikaji dari Metode Lyzenga (2006) yang terdiri dari 4 jenis yaitu Lyzengga (2006) murni (LYZ), KNW dengan pengembangan dari LYZ dengan penyeragaman asumsi pengaruh kolom air dan atmosfer, SMP yaitu dengan menambahkan regresi semi-parametrik, STR (Spatial Trend) dengan mengkoreksi faktor error pada koordinat pixel, dan TNP yaitu gabungan dari ketiga metode antara lain: KNW, SMP dan STR. Data batimetri hasil kelima metode dianalisa dengan menggunakan data lapangan dan dihitung orde ketelitian berdasarkan standar IHO-S44 yang terdiri dari orde spesial, orde 1A/1B, dan orde 2. Hasil analisa menunjukkan bahwa metode terbaik adalah metode STR dengan ketelitian kesalahan rata-rata paling kecil yaitu 1,14 meter namun bila menggunakan parameter kualitas data didapatkan metode TNP memiliki kualitas data paling baik dimana persentase terbanyak pada orde spesial, 1A/1B dan orde 2. Hasil terbaik dengan ketelitian hampir 70% pada keseluruhan data didapatkan melalui metode TNP pada orde 2. Begitu juga persentase terkecil yang tidak masuk orde ketelitian adalah metode TNP dengan nilai 30,32%. Ketelitian pendugaan kedalaman dengan metode STR untuk kedalaman <0 m adalah 0,11 m, 0 - 2 m adalah 0,25 m, 2,1 - 5 m adalah 0,68 m. Kedalaman maksimal yang dianalisa adalah 25 m yang diambil dari berbagai asumsi.

Kata Kunci : SDB, SPOT-7, Lyzenga.

### **ABSTRACT**

*Hydro-Oceanographic Office of the Indonesian Navy is one of the institutions that have the task of providing Indonesian Nautical Chart for the safety of shipping. One of the elements in the Nautical Chart or Sea Map is an element of the ocean depths. However, to map the entire territory of Indonesian waters, require effort, cost and expertise are very large because of the high degree of difficulty in conducting mapping marine waters. Remote sensing technology provides an opportunity for mapping shallow water bathymetry effectively and efficiently, especially in areas that have high*

levels of depth changes relatively quickly. This paper discusses whether the ocean depths can be extracted from remote sensing data and how its accuracy. So can be used in support of the task Dishidros in providing data Map Sea. So this study examined the level of accuracy bathymetry data extracted using SPOT-7 with a spatial resolution of 6 meters in the waters of the Gulf Belangbelang West Sulawesi. The field data used are hydrographic survey data for the amphibious landing at the bay Belangbelang Mamuju. The method studied in this research is the method developed by Kanno et al (2011) studied on methods Lyzenga (2006), which consists of 4 types of Lyzenga (2006) Pure (Lyz), KNW with the development of Lyz with uniformity assumption of the influence of the column water and atmosphere, SMP is by adding a semi-parametric regression, STR (Spatial Trend) by correcting the error factor in pixel coordinates, and TNP which is a combination of all three methods, among others: KNW, SMP and STR. The fifth method results bathymetric data were analyzed using field data and calculated order of accuracy by IHO-S44 standard that consists of a special order, the order of 1A / 1B, and Order 2. The analysis shows that the best method is a method of STR with an average accuracy errors most small 1.14 meters, but when using the parameters of the quality of data obtained TNP method has the most excellent data quality where the highest percentage on special order, 1A / 1B and 2. order the best results with an accuracy of nearly 70% in the whole data obtained through the TNP method in order 2. Likewise, the smallest percentage that did not make the order of accuracy is TNP method with a value of 30.32%. Accuracy estimation of the depth of the STR method for depth <0 m was 0.11 m, 0-2 m is 0.25 m, 2.1 to 5 m is 0.68 m. The maximum depth is 25 m analyzed taken on various assumptions.

Keywords: SDB, SPOT-7, Lyzenga

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia (United Nation, 1982), dengan luas wilayah mencapai kurang lebih 5.455.675,22 km<sup>2</sup> yang dua pertiga diantaranya merupakan lautan. Tersusun dalam ribuan pulau besar dan kecil, dengan jumlah pulau terdaftar sebanyak 13.466 pulau serta jutaan spot karang. Letak geografis Indonesia yang strategis berada di antara Benua Asia dan Benua Australia serta berada diantara Samudera Hindia dan Samudera Atlantik menjadikan Indonesia sebagai urat nadi jalur perdagangan internasional. Sehingga dibutuhkan ketersediaan peta laut yang selalu *update*.

Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL merupakan salah satu lembaga yang memiliki kewenangan dalam menyediakan data hidrografi terutama peta laut untuk kepentingan keselamatan pelayaran (Dishidros, TNI-AL, 2006). Telah melaksanakan berbagai kegiatan dalam memetakan seluruh wilayah perairan Indonesia agar selalu *update*. Namun hal tersebut sangat membutuhkan tenaga extra mengingat akan luasnya wilayah. Apalagi letak wilayah Indonesia yang memiliki batas laut dan darat dengan sepuluh negara di kawasan Asia Tenggara semakin meningkatkan kesulitan dalam melaksanakan kegiatan pemetaan perairan tersebut.

Dewasa ini teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) memberikan peluang untuk pemetaan batimetri perairan dangkal (*shallow water depth*) 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, dapat menjangkau daerah yang susah untuk dicapai dengan transportasi darat, menyediakan berbagai macam aplikasi dan metode dalam kegiatan pemetaan bawah air, daerah cakupan data penginderaan jauh yang cukup luas sehingga sangat baik untuk mengetahui apa saja yang terjadi di lingkungan sekitarnya untuk mengetahui keterkaitan antara satu dengan yang lainnya.

Sejak tahun 1970, teknologi penginderaan jauh satelit telah diadopsi sebagai alternatif untuk meminimasi beban kerja pemetaan batimetri (Arief, 2012). Beberapa metode telah dikembangkan dan digunakan dalam memetakan kedalaman perairan dangkal yang diturunkan dari penginderaan jauh. Sensor SPOT-7 bukan

sensor yang didesain untuk aplikasi kelautan tetapi sensor umum untuk aplikasi yang luas termasuk daratan dan lautan. SPOT-7 memiliki resolusi spektral yang sama dengan kebanyakan data resolusi tinggi lainnya tetapi memiliki resolusi spasial yang lebih rendah yaitu 6 meter. Sehingga memunculkan pertanyaan apakah bisa SPOT-7 digunakan untuk ekstraksi informasi kedalaman laut dan berapa akurasi. Ketersediaan data yang cukup banyak menjadi tantangan tersendiri dalam tulisan ini. Dalam tulisan ini dikaji penggunaan Data SPOT-7 untuk ekstraksi informasi kedalaman laut pada perairan dangkal dan berapa ketelitian yang dihasilkan dengan membandingkan kedalaman hasil survei berupa data survei hidrografi TNI-AL.

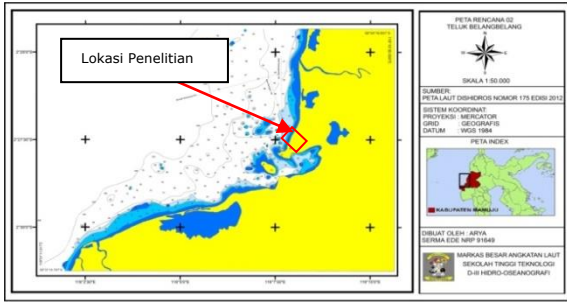
## 2. MATERI DAN METODE

### 2.1. Data

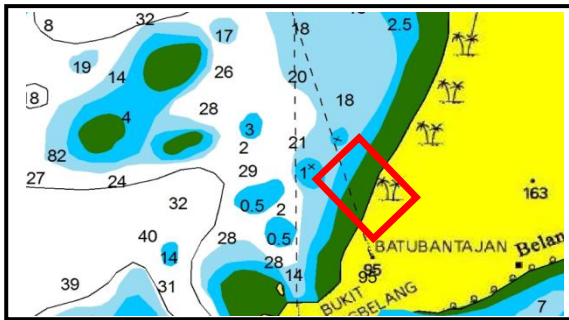
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data citra satelit Spot-7 format data JP2 dengan resolusi spasial 6 m multispektral. Dengan waktu perekaman citra diperoleh pada 04 Juli 2015 pukul 08:53:28 Waktu Indonesia Bagian Barat. Spot-7 merupakan satelit yang diluncurkan oleh Spot Image dengan tujuan untuk menghasilkan citra satelit resolusi tinggi untuk kepentingan komersial. Selain itu juga digunakan data survei Hidro-Oseanografi alternatif pendaratan amfibi Teluk Belangbelang Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat tahun 2014 serta peta laut nomor 175 Dishidros skala 1:50.000 edisi tahun 2012.

### 2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada daerah pantai pesisir Teluk Belangbelang Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. Pemilihan daerah pantai pesisir Teluk Belangbelang dijadikan wilayah penelitian karena merupakan salah satu daerah yang telah disurvei oleh Dinas Hidro-Oseanografi (Dishidros) untuk alternatif daerah pendaratan Operasi Amfibi TNI AL. Seperti ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian digambarkan dalam Peta Laut Nomor 175 Dishidros Skala 1:50.000



Gambar 2. Detail Lokasi Penelitian

### 2.3. Pengolahan Awal

Pengolahan awal citra satelit merupakan proses pengolahan dan analisis dari citra satelit sebelum dilakukan pengolahan inti yaitu ekstraksi informasi kedalaman laut. Proses ini memiliki data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra satelit, yang diolah dengan menggunakan perangkat komputer. Dalam proses perekaman citra satelit ada banyak faktor yang mempengaruhi kualitas dari citra seperti cuaca, kondisi geografis, posisi satelit dan sebagainya sehingga dibutuhkan proses koreksi terhadap citra satelit sebelum proses analisa untuk mendapatkan kualitas citra satelit yang optimal.

Proses awal pertama yang dilakukan adalah koreksi geometrik. Koreksi geometrik merupakan proses memposisikan citra sehingga sesuai dengan koordinat yang sesungguhnya. Posisi geografis citra, efek rotasi bumi, kemiringan sensor, perubahan posisi, ketinggian dan variasi kecepatan gerak sensor pada saat pengambilan data dapat menimbulkan distorsi. Dalam akuisisi citra satelit, distorsi ini akan bertambah seiring dengan perbedaan waktu pembuatan peta dan akuisisi citra serta kualitas dari peta dasar yang kurang baik. Akibat dari kesalahan

geometrik ini, maka posisi piksel dari citra satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi yang sebenarnya. Untuk memperbaiki kesalahan geometrik yang terjadi, dapat dilaksanakan salah satunya dengan transformasi berdasarkan titik kontrol di lapangan (*ground control point, GCP*). Titik kontrol lapangan dapat diambil dari peta yang sudah diterbitkan yang memiliki skala yang sama atau lebih detail, pengukuran dengan gps di lapangan dan/atau citra yang sudah terkoreksi geometrik. Titik kontrol lapangan ini akan dipasang dengan nilai kolom dan baris pada citra membentuk jaring kontrol (grid). Tahap akhir adalah mentransformasikan posisi kolom baris setiap pixel menggunakan jaring kontrol tersebut.

Kemudian pengolahan berikutnya adalah koreksi radiometrik dan koreksi atmosfer. Koreksi Radiometrik merupakan proses untuk memperbaiki kualitas visual citra, dalam hal memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Koreksi yang bertumpu pada informasi dalam citra menurut Danoedoro (1996) antara lain: Koreksi *histrogram*, penyesuaian regresi kalibrasi bayangan dan kenampakan gelap. Koreksi yang bertumpu pada data di luar citra, menurut Mather (2004), dipengaruhi oleh lima faktor yakni : pantulan atau reflektansi objek, bentuk dan besaran interaksi atmosfer, kemiringan dan arah hadap lereng, sudut pandang sensor, dan sudut ketinggian matahari. Koreksi pengaruh posisi matahari dapat dilakukan dengan persamaan 1, dimana  $L'_\lambda$  menunjukkan radiasi spektral terkoreksi,  $L_\lambda$  menunjukkan radiasi spektral sebelum terkoreksi,  $x$  menunjukkan sudut pandang sensor dan  $\theta$  menunjukkan sudut zenith matahari.

$$L'_\lambda = L_\lambda \dots\dots\dots(1)$$

Atmosfer dapat meningkatkan nilai spektral karena partikel atmosfer memiliki pantulan lebih tinggi, sehingga keberadaan partikel ini dapat menimbulkan bias. Untuk itu dibutuhkan koreksi nilai spektral dari citra yang disebabkan oleh partikel-partikel yang ada di atmosfer. Metode yang dapat digunakan adalah metode *Dark Pixel Subtraction*, yaitu dengan mengambil sejumlah sampel piksel pada masing-masing kanal di laut dalam, kemudian rata-rata dari nilai-nilai piksel tersebut (nilai digital atau radiansi) digunakan sebagai faktor pengurang nilai piksel pada masing-masing kanal (Green et al. 2000), yang dituliskan dengan persamaan 3.

$$L'_i = L_i - L_{si} \frac{\cos(x)}{\cos(\theta)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana  $L'_i$  = nilai piksel terkoreksi pada kanal  $i$ ,  $L_i$  = nilai piksel awal pada kanal  $i$ , dan  $L_{si}$  = nilai piksel rata-rata sampling di laut dalam pada kanal  $i$ .

Koreksi dengan metode *Dark Pixel Subtraction* dapat dilakukan karena pada area laut dalam energi gelombang elektromagnetik diserap habis, sehingga reflektan yang muncul dari dalam dapat diasumsikan sebagai reflektan dari atmosfer.

## 2.4. Ekstraksi Kedalaman Laut

Ekstraksi kedalaman laut merupakan tahapan proses penurunan informasi kedalaman laut dari citra penginderaan jauh dengan memanfaatkan setiap nilai pantulan piksel citra dari masing-masing saluran tampak pada citra tersebut. Dalam mengestimasi kedalaman laut menggunakan citra SPOT-7 dapat dilaksanakan dengan menggunakan berbagai model salah satunya adalah model SDB (*Satellite Derived Bathymetry*), yang dikembangkan Kanno et al. (2011). Model ini merupakan model yang dikembangkan dari metode Lyzenga 2006 dan kemudian dikemas dalam bentuk perangkat lunak pengolahan yang dijalankan dengan *script* yang ditulis pada perangkat lunak pemrograman R i1386 3.2.2.

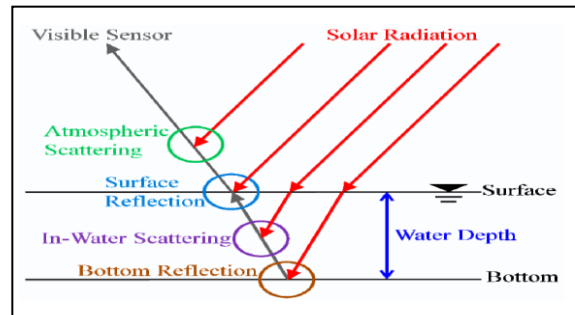
Di dalam model SDB sendiri terdapat lima metode berbeda antara lain : LYZ (Lyzenga 2006), KNW (Penyeragaman asumsi kondisi citra pada media air maupun atmosfer), SMP (SeMiParametric regression), STR (Spatial TRend) dan TNP (Kombinasi dari tiga metode terakhir terhadap metode Lyzenga) yang dijalankan secara bersamaan kemudian ditentukan korelasi tertinggi dari beberapa metode tersebut terhadap nilai kedalaman sampel dilapangan, selanjutnya metode yang memiliki korelasi tertinggi tersebut yang akan memproses citra hingga selesai dan menghasilkan data kedalaman laut.

### a. Metode LYZ (Lyzenga, 2006)

Metode ini sudah umum digunakan pada teknologi penginderaan jauh satelit dimana prinsip perambatan gelombang cahaya di dalam air mengalami peristiwa berkurangnya intensitas cahaya seiring dengan meningkatnya kedalaman karena absorpsi. Proses ini dikenal sebagai atenuasi dan merupakan fenomena yang selalu terjadi pada gelombang elektromagnetik ketika melewati kolom air. Tingkat atenuasi berbeda untuk setiap panjang gelombang dalam spektrum

radiasi elektromagnetik. Dalam daerah cahaya sinar tampak, bagian spektrum merah teratenuasi lebih cepat daripada spektrum biru (Green et al, 2000).

Di dalam prinsip ekstraksi kedalaman laut dangkal dengan citra satelit, terdapat empat komponen pokok yaitu: *path radiance* (komponen *atmospheric scattering*), komponen *surface reflection*, komponen *in-water volume scattering*, dan komponen *bottom reflection*. Seperti dalam gambar 3.



Gambar 3. Komponen Satelit Batimetri (Sumber : Kanno et al., 2011).

Dimana komponen *Bottom reflection* merupakan komponen utama yang digunakan sebagai nilai dalam menghasilkan kedalaman laut, sedangkan tiga komponen lainnya sebagai komponen residu atau noise yang perlu dihilangkan atau dicari nilainya untuk mengkoreksi nilai spektral dari citra yang diterima oleh satelit pengindera. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L(\lambda) = \{V + (B - V) \exp(-kh)\} TE + S + A..(3)$$

Dimana:

$L(\lambda)$  = Spektral radiance dari panjang gelombang sinar tampak.

$V$  = Nilai bias air (*in water scattering*).

$B$  = Nilai reflektan dasar laut (*Bottom reflectan*).

$k$  = Nilai koefisien atenuasi.

$h$  = Nilai kedalaman insitu (*Insitu depth*).

$T$  = Nilai transmisi pada atmosfer dan permukaan air.

$E$  = Nilai transmisi kebawah (*downwelling irradiance atmosfere*).

$S$  = Nilai Pantulan permukaan air (*Surface reflection*).

$A$  = Nilai *Atmosferik Scatering*.

Pada teori Lyzenga 2006 memasukan nilai saluran NIR (Near Infra Red) sebagai nilai untuk mengkoreksi nilai piksel pada saluran Biru, Hijau dan Merah karena pada saluran NIR dianggap seluruhnya terabsorpsi oleh air

sehingga nilai saluran NIR digunakan sebagai pengganti nilai piksel pada perairan laut dalam yang dianggap seluruhnya sebagai noise. Kemudian dirumuskan sebagai berikut:

$$L^\infty(\lambda) = VTE + S + A = \alpha_0 + \alpha_1 L(\lambda_{NR}) \dots (4)$$

Dimana:

$L^\infty(\lambda)$  = Spektral radiance dari panjang gelombang NIR.

$\alpha_0$  = Nilai konstanta pada saluran tampak.

$\alpha_1 L(\lambda_{NR})$  = Nilai konstanta pada saluran NIR.

Ketika rumus persamaan 4 disubstitusikan ke dalam rumus persamaan 3 dan dimasukkan ke dalam nilai kuantitas X maka dirumuskan sebagai berikut:

$$X(\lambda) = \log\{L(\lambda) - \alpha_0 - \alpha_1 L(\lambda_{NR})\} = -kh + \log\{(B - V)TE\} \dots (5)$$

$$X = (1 X_1 \dots X_M) \dots (6)$$

$$k = (0 k_1 \dots k_M) \dots (7)$$

$$C = (1 \log\{(B_1 - V_1)T_1E_1\} \dots \log\{(B_M - V_M)T_ME_M\}) \dots (8)$$

$$X = -hk + C \dots (9)$$

Pada metode Lyzenga nilai kedalaman absolut dirumuskan sebagai berikut:

$$\hat{h} = X\beta \dots (10)$$

Dimana:

$\beta = M+1$

M = Nomor dari saluran tampak.

$\beta$  = Nilai dimensi dari vektor kolom.

b. Metode KNW (Penyeragaman asumsi kondisi citra pada media air maupun atmosfer)

Pada model ini menggunakan prinsip Lyzenga 2006 yang kemudian ditambahkan koreksi terhadap error yang terdapat pada atmosfer dan kolom air. Kemudian prosesnya diparsial secara paralel dengan 3 proses pada masing-masing saluran tampak. Seperti dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X &= \log\{L(\lambda) - \alpha_0 - \alpha_1 L(\lambda_{NR})\} \\ &= \log\{L(\lambda) - (\hat{\alpha}_0 - \epsilon_2) - (\hat{\alpha}_1 - \epsilon_3)L(\lambda_{NR})\} \\ &= \hat{X} + \log[1 + \{\epsilon_2 + \epsilon_3 L(\lambda_{NR})\} \exp - 1 \hat{X}] \\ &= \hat{X} + \epsilon_2 \exp^{-1} \hat{X} + \epsilon_3 L(\lambda_{NR}) \exp^{-1} \hat{X} \dots (11) \end{aligned}$$

Dimana:

$$\hat{Y} = \exp^{-1} \hat{X} \text{ dan } \hat{Z} = L(\lambda_{NR}) \exp^{-1} \hat{X}$$

Sehingga dapat dirumuskan kedalam satu persamaan vector berikut:

$$X' = (1 \hat{X}_1 \dots \hat{X}_M \hat{Y}_1 \dots \hat{Y}_M \hat{Z}_1 \dots \hat{Z}_M)$$

dan rumus Lyzenga untuk persamaan tersebut menjadi:

$$\hat{h} = X'\beta' \dots (12)$$

c. Metode SMP (Semi Parametric regression).

Pada metode ini menggunakan parameter BI (*Bottom Index*) untuk menghitung regresi nilai digital dari setiap saluran tampak dengan dengan jenis dasar perairan. Seperti tertuang dalam rumus berikut:

$$BI_m = X_m - \cos \frac{km}{km+1} X_m + 1 (m = 1, 2, \dots, M - 1) (26)$$

dan bila disubstitusikan rumus persamaan 4 kedalam rumus tersebut hasil yang didapat adalah rumus persamaan berikut:

$$E(h) = -\frac{X_l}{k_l} s(BI_1, \dots, BI_{M-1}) (= 1, 2, \dots, M) \dots (27)$$

Dimana:

$l$  = nilai dari tiap band tampak.

$s$  = fungsi *smooth nonparametric*.

d. Metode STR (Spatial Trend)

Pada metode ini dikembangkan dari rumus persamaan 12 dengan memasukan faktor error pada koordinat spasial dari nilai digital citra. Seperti pada rumus persamaan berikut:

$$\epsilon_1 = t(z) + \epsilon_1'$$

.....(28)

$$h = X\beta + \epsilon_1$$

.....(29)

Dimana:

$t(z)$  = fungsi smooth nonparametric koordinat vector 2 dimensi

e. Metode TNP (Kombinasi dari tiga metode terakhir)

Pada metode ini menggabungkan tiga metode terakhir yaitu KNW, SMP dan STR menjadi satu. Sehingga didapat rumus persamaan berikut:

$$E(h) = -\frac{\hat{\chi}_1}{k_1} + \hat{Y}_{1+} \hat{Z}_1 + s(BI1, \dots, BIM - 1) + t(z) (= 1, 2, \dots, M) \dots \dots \dots (30)$$

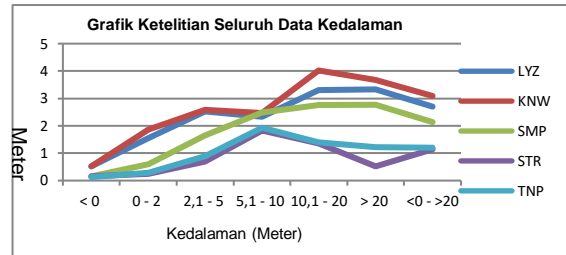
**2.5. Proses Validasi Kedalaman Laut**

Proses validasi kedalaman laut hasil ekstraksi terhadap kedalaman laut insitu diperlukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari data kedalaman hasil ekstraksi yang diperoleh dan untuk mengetahui kualitas data dalam pemenuhan standar ketelitian berdasarkan IHO S44 (IHO, 2008) yang dilaksanakan menggunakan perangkat lunak Arc GIS 9. Data batimetri hasil kelima metode dianalisa dengan menggunakan data lapangan dan dihitung orde ketelitian berdasarkan standar IHO-S44 yang terdiri dari orde spesial, orde 1A/1B, dan orde 2.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

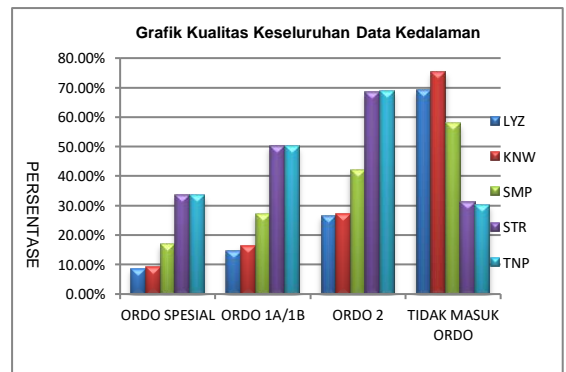
Proses ekstraksi kedalaman laut pada model SDB menggunakan empat metode LYZ, SMP, STR dan TMP dilakukan bersama – sama kemudian metode yang mendekati keadaan sebenarnya atau nilai korelasi tertinggi data hasil ekstraksi dengan data kedalaman *insitu* yang kemudian ditampilkan. Akan tetapi dapat pula dipilih metode apa yang diinginkan untuk kemudian diproses dan ditampilkan. Hasil dari kelima metode secara keseluruhan yang diperoleh dapat digambarkan ke dalam grafik kualitas dan ketelitian seluruh data kedalaman yang dihasilkan dari ekstraksi seperti terlihat pada Gambar 4 dan 5 yang selanjutnya

dijelaskan secara terperinci tiap kedalaman pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 11.



Gambar 4. Grafik Kualitas Seluruh Data Kedalaman

Hasil analisa menunjukkan bahwa metode terbaik adalah metode STR dengan ketelitian kesalahan rata-rata paling kecil yaitu 1,14 meter namun bila menggunakan parameter kualitas data didapatkan metode TNP memiliki kualitas data paling baik dimana persentase terbanyak pada orde spesial, 1A/1B dan orde 2. Hasil terbaik dengan ketelitian hampir 70% pada keseluruhan data didapatkan melalui metode TNP pada orde 2. Ketelitian metode STR dan TNP agak berimpit dan paling tinggi seperti terlihat di Gambar 4., agak berbeda cukup banyak pada kedalaman lebih dari 20 m. Selain itu juga dapat dilihat ketelitian pada daerah yang dangkal lebih tinggi daripada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini dikarenakan semakin dalam energi gelombang elektromagnetik semakin lemah karena proses penyerapan oleh kolom air.

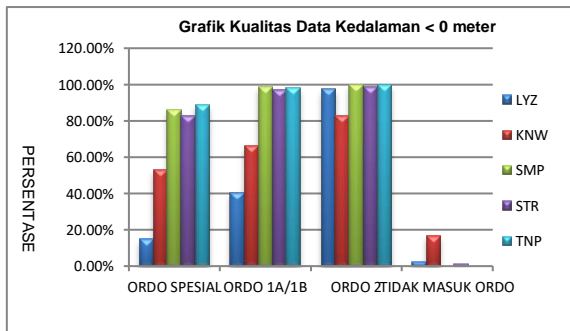


Gambar 5. Grafik Ketelitian Seluruh Data Kedalaman

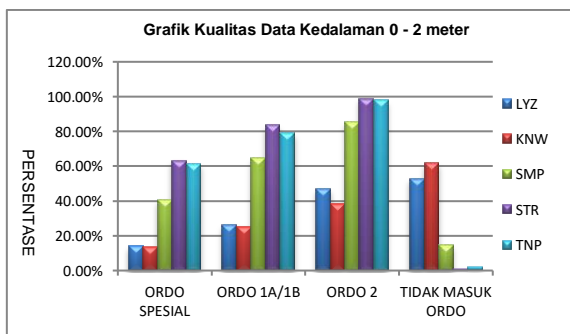
Grafik pada Gambar 5 menjelaskan tentang kualitas seluruh data kedalaman hasil ekstraksi dimana semakin besar nilai yang didapat akan semakin rendah tingkat ketelitiannya begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai yang didapat maka semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Untuk kualitas seluruh data kedalaman yang didapat dari hasil ekstraksi menggunakan model SDB dengan

metode STR memiliki kualitas ketelitian data paling baik diantara keempat metode lainnya. Pada metode LYZ, KNW dan SMP tingkat ketelitian data hasil ekstraksi akan semakin menurun seiring bertambahnya tingkat kedalaman sedangkan pada metode STR dan TNP tingkat ketelitian data hasil ekstraksi memiliki nilai terendah pada kedalaman 5,1 hingga kedalaman 10 meter.

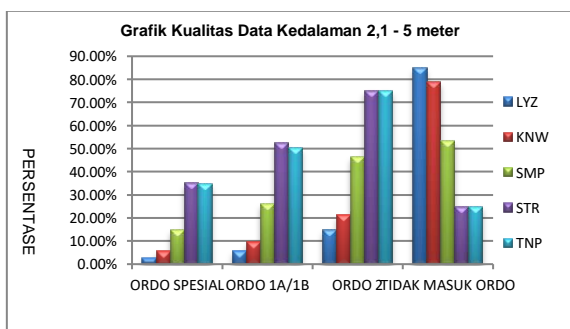
Sedangkan pada gambar 4.23 menjelaskan secara kuantitas baik jumlah data yang dihasilkan maupun jumlah data yang memiliki klasifikasi ketelitian orde spesial metode TNP lebih baik dari keempat metode lainnya.



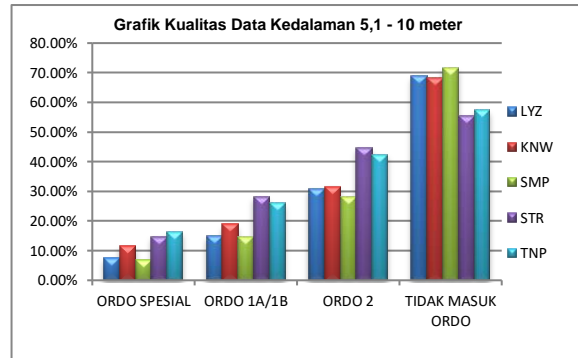
Gambar 6. Grafik Kualitas Data pada Kedalaman < 0 meter



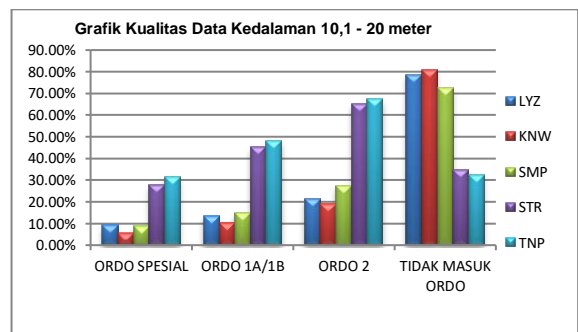
Gambar 7. Grafik Kualitas Data pada Kedalaman 0 - 2 meter



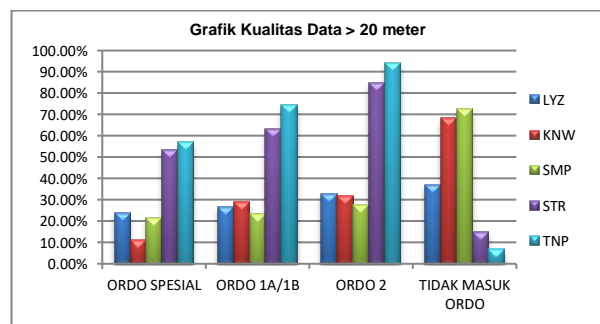
Gambar 8. Grafik Kualitas Data pada Kedalaman 2,1 - 5 meter



Gambar 9. Grafik Kualitas Data pada Kedalaman 5,1 - 10 meter



Gambar 10. Grafik Kualitas Data pada Kedalaman 10,1 - 20 meter



Gambar 11. Grafik Kualitas Data pada Kedalaman >20 meter

Bila melihat grafik pada Gambar 6 hingga Gambar 11 dapat diketahui bahwa kualitas data pada kedalaman kurang dari 0 meter metode SMP, STR dan TNP memenuhi kualitas data dengan spesifikasi orde 1A/1B pada tingkat kepercayaan 95 % untuk metode LYZ memenuhi kualitas data dengan spesifikasi orde 2 pada tingkat kepercayaan 95 % dan metode KNW tidak memenuhi. Sedangkan untuk kedalaman 0 sampai dengan 2 meter



metode STR dan metode TNP memenuhi kualitas data dengan spesifikasi orde 2 pada tingkat kepercayaan 95 %. Akan tetapi pada kedalaman 2,1 hingga lebih dari 20 meter seluruh metode belum memenuhi standar ketelitian yang diterapkan oleh IHO S44 untuk survei hidrografi.

Apabila mengacu pada literasi-literasi penelitian yang sama mengenai ekstraksi kedalaman laut yang diturunkan dari citra satelit. Seperti pada penelitian Santoso (2008) yang menggunakan citra satelit IKONOS dengan resolusi spasial 1 meter dan metode Bierwirth et al (1983). Model Bierwirth et al (1983) ini pernah diaplikasikan di Indonesia oleh Gaswara G, (1999) tetapi belum dilakukan uji akurasi. Menurut Santoso (2008) uji akurasi hasil ekstraksi kedalaman menggunakan parameter RMSD (*Root Mean Square Difference*) terhadap data *insitu* didapatkan pada kedalaman 0 sampai 2 meter memiliki ketelitian paling tinggi yaitu sebesar 0,137443 meter . Pada kedalaman 2 sampai 10 meter memiliki ketelitian 1, 29761 meter dan pada kedalaman 10 hingga 20 meter memiliki ketelitian 10,8784 meter. Sehingga dapat diketahui bahwa ekstraksi kedalaman yang diturunkan dari citra satelit dengan model SDB yang dikembangkan Kanno et al (2011) menggunakan citra satelit SPOT-7 dengan resolusi spasial 6 meter, pada kedalaman 0 sampai 2 meter memiliki ketelitian lebih rendah yaitu : sebesar 0,344 meter. Begitu juga pada kedalaman 2 sampai dengan 10 meter memiliki ketelitian yang lebih rendah yaitu sebesar : 2,545 meter. Namun pada kedalaman 10 hingga 20 meter memiliki ketelitian yang lebih tinggi yaitu sebesar : 2,15 meter. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan resolusi spasial IKONOS yang lebih bagus sehingga nilai kedalaman rata-rata pada area yang lebih kecil akan menghasilkan nilai ketelitian yang lebih tinggi. Dari sisi spesifikasi spektral, antara Data IKONOS dengan Spot-7 hampir sama.

Sedangkan bila mengacu pada penelitian Kanno et al (2012) yang menggunakan metode kombinasi 3 citra satelit multi spectral WorldView-2 pada studi kasus yang berbeda, dengan resolusi spasial 2,4 meter dan model SDB yang dikembangkan Kanno et al (2011), menghasilkan ketelitian pada kombinasi citra 1 dan 2 di kedalaman 0,15 meter hingga 2,97 meter sebesar 0,497 meter, pada kombinasi citra 1 dan 3 di kedalaman 0,32 meter hingga kedalaman 15,93 sebesar 0,680 meter, pada kombinasi citra 2 dan 3 di kedalaman 0,15 meter hingga kedalaman 15,93 meter sebesar 0,860 meter serta pada

kombinasi citra 1,2 dan 3 di kedalaman 0,15 meter hingga kedalaman 15,93 meter sebesar 0,859 meter. Sehingga bila dikomparasikan terhadap data kedalaman hasil ekstraksi yang diturunkan dari citra satelit dengan model SDB yang dikembangkan Kanno et al (2011) menggunakan citra satelit SPOT-7 dengan resolusi spasial 6 meter, pada kedalaman 0,15 sampai dengan 2,97 meter memiliki ketelitian lebih tinggi sebesar 0,411 meter. Namun pada kedalaman 0,15 meter sampai dengan 15,93 meter memiliki ketelitian yang lebih rendah sebesar 2,196 meter, seperti yang terdapat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Komparasi Hasil Ekstraksi Kedalaman

	Ketelitian (RMSE)						
	Santoso, 2008		Kanno et al 2011	Arya, 2015			
<b>Citra</b>	(Ikonos)		(WorldView-2)	(Spot-7)			
<b>Resolusi Spasial</b>	1 meter		2,4 meter	6 meter			
<b>Metode</b>	Bierwirth		SDB Kanno et al 2011	STR (SDB Kanno et al 2011)			
<b>Kombinasi Citra</b>	-		1,2	1,3	2,3	1,2,3	-
<b>Kedalaman (meter)</b>	0 - 2	0,13744	-	-	-	-	0,344
	2 - 10	1,2976	-	-	-	-	2,545
	10 - 20	10,8784	-	-	-	-	2,15
	0,15 - 2,97	-	0,497	-	-	-	0,411
	0,32 - 15,93	-	-	0,68	-	-	2,239
	0,15 - 15,93	-	-	-	0,86	-	2,196
	0,15 - 15,93	-	-	-	-	0,859	2,196

kondisi substrat dasar daerah penelitian, kecepatan angin saat akuisis dan lain-lainnya.

Pada kedalaman 0-2 m, data IKONOS lebih unggul tetapi pada kedalaman 10-20 m ketelitiannya menjadi sangat rendah. Kelebihan spektral IKONOS tidak mampu memberikan nilai lebih karena pengaruh kedalaman yaitu penyerapan energi oleh kolom air. Dengan SPOT-7 yang memiliki resolusi spasial lebih rendah tetapi dengan resolusi spektral yang hampir sama memberikan nilai ketelitian yang lebih tinggi pada kedalaman 10-20 m. Hal ini diperkirakan karena metode yang digunakan, walaupun SPOT-7 dengan spesifikasi yang sama, mampu memberikan ketelitian yang lebih atau konsisten pada kedalaman yang lebih dalam.

Data WorldView 2 merupakan data dengan keunggulan resolusi spasial dan spektral sehingga seharusnya menghasilkan ketelitian yang lebih bagus. Menurut Kanno et al (2012) ketelitian yang dihasilkan kurang dari 1 meter untuk rentang kedalaman 0,15 - 15 m. Walaupun tidak dibagi menjadi beberapa rentang yang berbeda, nilai total semua kedalaman yang kurang dari 1 meter merupakan hasil yang sangat bagus. Dari komparasi di atas, dapat diketahui bahwa ketelitian bisa dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya resolusi spasial data, resolusi spektral data, kondisi atmosfer saat perekaman data, kondisi kualitas air daerah penelitian,

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Hasil pengolahan ekstraksi kedalaman laut menggunakan citra satelit SPOT-7 dengan model SDB yang dikembangkan Kanno et al (2011) pada studi kasus Perairan Teluk Belangbelang Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat menunjukkan kesimpulan bahwa nilai kedalaman laut dapat diturunkan dari citra satelit melalui analisa spasial maupun spektral dari citra satelit dan kemudian didapatkan nilainya dengan proses ekstraksi. Ketelitian tertinggi hasil ekstraksi kedalaman model SDB diperoleh dengan menggunakan metode STR dimana pada kedalaman 0 meter sampai dengan 2 meter memiliki ketelitian 0,25 meter, dan pada keseluruhan data diperoleh ketelitian 1,14 meter. Namun secara kuantitas baik jumlah data yang dihasilkan maupun jumlah data yang memiliki klasifikasi ketelitian ordo spasial metode TNP masih lebih baik. Kedalaman laut hasil ekstraksi dapat dipergunakan pada pemetaan perairan dangkal dengan klasifikasi orde 2 pada kedalaman 0 meter sampai dengan 2 meter pada tingkat kepercayaan 95 %.

Dari hasil analisa tersebut dapat disarankan bahwa kedalaman laut hasil ekstraksi menggunakan citra satelit SPOT-7

dapat dijadikan sebagai data untuk pembuatan maupun perbaikan peta laut terutama pada daerah perairan dangkal yang memiliki kedalaman kurang dari 2 meter dengan klasifikasi ordo 2. Hasil penelitian ini hanya diperuntukan pada daerah perairan Teluk Belangbelang Mamuju Sulawesi Barat, sedangkan untuk di daerah lain, perlu dilaksanakan penelitian lebih lanjut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M. (2012) *Pendekatan Baru Pemetaan Bathimetric Menggunakan Data Penginderaan Jauh Spot Studi Kasus : Teluk Perigi Dan Teluk Popoh*. Jurnal Teknologi Dirgantara Vol. 10 No. 1 Juni 2012 : 71-80
- Danoedoro, P. (1996), "*Pengolahan Citra Digital*", Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada. 254 hlm.
- Dishidros TNI-AL. (2006), "*Survei Hidrografi*", Jakarta.
- Gaswara G. D., Winarso, G., Swargana, N., dan Sidik, H., 1999. Aplikasi Model Bierwith untuk Deteksi Kedalaman Laut Dangkal di Tanjung Berakit Pulau Bintan. Majalah LAPAN Vol. 1. No. 1. Januari (1999).
- Green, E., Edwards A. and Mumby P. (2000), *Mapping Bathymetry*, in Edwards A. (ed.), Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management, Paris, UNESCO, pp. 219-235.
- IHO (2008), IHO Standards for Hydrographic Surveys 5<sup>th</sup> Edition, Special Publication No. 44, Monaco.
- Kanno, A. , Koibuchi, Y. and Isobe, M. (2011), "*Shallow Water Bathymetry From Multispectral Satellite Images: Extensions Of Lyzenga's Method For Improving Accuracy*," Coastal Engineering journal, Vol. 53, No. 4 (2011) 431–450, Japan.
- Kanno, A. and Tanaka, Y. (2012), "*Modified Lyzenga's Method for Estimating Generalized Coefficients of Satellite-Based Predictor of Shallow Water Depth*," IEEE geoscience And Remote Sensing Letters, Vol. 9, No. 4, July 2012, Japan.
- Mather, P.M. (2004), *Computer Processing of Remotely Sensed Images*, John Wiley, Chichester, U.K.
- Santoso, A. I. (2008), *Kajian Pulau-Pulau Kecil Terluar Untuk Menentukan Batas Wilayah Maritim Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Pulau Nipa, Provinsi Kepulauan Riau)*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- SPOT 6 and SPOT 7 Imagery User Guide, (2013), SI/DC/13034-v1.0. Astrium Toulouse France.
- United Nations. (1982). *The Law of the Sea*. Official Text of The United Nations on the Law of the Sea with Annexes and index. UN Publications No.E.83.V.5. New York. ISBN : 070992500X 978070992500