

Integrasi Inderaja dalam Menentukan Batimetri Perairan Sekitar Pulau Kelapan, Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Integration of Remote Sensing in Determining Bathymetry at surrounding waters Kelapan Island, South Bangka Regency, Bangka Belitung Archipelago Province

Irma Akhrianti^{1*}, Dewi Sartika², Wikanti Asriningrum³

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Bangka

²Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Bangka

³Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jakarta

*Email korespondensi: irmaakhrianti@gmail.com

ABSTRACT

This research conducted in the Kelapan Island of Pangkalpinang, South Bangka Regency, Bangka Belitung Archipelago Province. Kelapan Island had been overgrown by mangrove community which tend to be varied and unique. Research related to bathymetry mapping in the Kelapan Island area has never been carried out and minim information, therefore this research needs to be done to find out bathymetry of surrounding waters at the Kelapan Island by using remote sensing technology and GIS. The research and ground check carried out on November 2016 - January 2017, assisted by using secondary data from related agencies to test image accuracy. Image Processing and layouting bathymetry map conducted in LAPAN. Bathymetry data analysis uses satellite driven bathymetry algorithm and linear regression. The image used in this research uses landsat 8 imagery with an image resolution of 30 meter. The result showed that there are interrelated between the depth value with satellite driven bathymetry value from image processing. The best linear regression is $y = 143.9x - 137.4$ depth value with satellite driven bathymetry value, indicated the value of the coefficient of determination (R^2) of 0.764 indicates that the coefficient number is positively related. The result of the layout map made using the ArcMap software show that a depth of 6 – 10 meters with using *Satellite Drived Bathymetry (SDB)* algorithm (range: 4 - 11 m) is differentiated using a color difference for each depth.

Keywords: *Satellite Drived, Bathymetry, Kelapan Island, South Bangka*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di perairan sekitar Pulau Kelapan, Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pulau Kelapan banyak ditumbuhi oleh komunitas mangrove yang cukup bervariasi dan unik. Penelitian terkait pemetaan batimetri di wilayah Pulau Kelapan belum pernah dilakukan dan informasinya masih sangat minim, oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui batimetri perairan sekitar Pulau Kelapan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan SIG. Penelitian dan cek lapangan dilaksanakan pada Bulan November 2016 – January 2017, dibantu dengan menggunakan data sekunder dari dinas terkait untuk uji akurasi citra. Tahapan pengolahan citra digital dan *layouting* peta batimetri dilakukan di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Analisis data batimetri menggunakan algoritma *satellite driven bathymetry (SDB)* dan analisis regresi linear. Citra yang digunakan pada penelitian ini menggunakan citra landsat 8 dengan resolusi gambar adalah 30 m. Pada Hubungan nilai kedalaman dengan nilai *satellite driven bathymetry* yang didapat dari citra menghasilkan nilai yang saling berhubungan. Persamaan linear terbaik adalah $y = 143.9x - 137.4$ nilai kedalaman dengan nilai *satellite driven bathymetry*, ditunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,764 menunjukkan angka koefisien tersebut berhubungan positif. Hasil peta *layout* yang di buat menggunakan *software* ArcMap didapatkan kedalaman 6 - 10 meter menggunakan ambang batas SDB sebesar 4 – 11 m pada saat pemrosesan citra digital yang dibedakan menggunakan perbedaan warna untuk setiap kedalaman.

Kata kunci: *Batimetri, Pulau Kelapan, Bangka Selatan*

PENDAHULUAN

Batimetri dapat diartikan sebagai ukuran kedalaman laut, baik sebagai elevasi maupun mengenai depresi dasar laut yang dapat memberikan informasi tentang topografi dasar laut dan memberikan petunjuk struktur dan kedalaman laut. Batimetri adalah ukuran dari tinggi rendahnya dasar laut yang merupakan sumber informasi utama mengenai dasar laut kedalaman laut dapat diukur dengan menggunakan (Tarigan *et al.*, 2014). Saat ini pemetaan batimetri dapat dilakukan menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan 2 cara yang berbeda, yaitu metode hidroakustik dan data satelit (Setyawan *et al.* 2014; Tarigan *et al.* 2014). Pengukuran kedalaman metode hidrolistik dengan metode akustik untuk mengukur kedalaman perairan laut dangkal yaitu menggunakan alat echosounder memberikan data yang cukup akurat untuk titik pengukuran. Namun, kapal akan membatasi luasan area survei, karena apabila kapal mendekati wilayah pesisir atau pantai dengan kondisi kedalaman sangat dangkal akan dapat mengakibatkan kapal kandas. Pengukuran menggunakan metode akustik memerlukan biaya dan waktu yang sesuai dengan luasan area survei, semakin luas area tersebut maka akan semakin banyak biaya dan semakin lama waktu yang dibutuhkan (Liu *et al.*, 2003).

Salah satu teknologi alternatif yang sering digunakan dalam kajian batimetri adalah teknologi penginderaan jauh (Akhrianti, 2018). Dewasa ini teknologi penginderaan jauh memberikan peluang untuk pemetaan batimetri secara efektif dan efisien, terutama untuk daerah – daerah yang memiliki tingkat perubahan kedalaman secara cepat (Suwargana, 2013; Hartoko *et al.* 2013). Keuntungan lainnya adalah dapat dilakukan revisi pemetaan perairan dangkal dengan cepat dan murah (Arief, 2012; Arief 2013). Beberapa satelit yang bisa digunakan untuk melakukan pemetaan batimetri detil perairan dangkal seperti citra quickbird, spot maupun landsat 8 OLI/*Operational Land Imager* yang memiliki 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak dengan total kanal berjumlah 11 kanal (Mohamed, 2016), Landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI) telah beroperasi sejak pertengahan 2013. Citra yang digunakan pada proses ini menggunakan citra landsat 8 OLI beresolusi 30 m (Pe'eri *et al.*, 2014).

Aplikasi teknologi penginderaan jauh dan SIG dalam pemetaan batimetri ini menggunakan metode algoritma baru yaitu *satellite driven bathymetry* (SDB), dimana metode ini merupakan teknik penginderaan jauh multispectral dengan cara mengidentifikasi nilai *satellite driven bathymetry* (SDB) yang membandingkan ratio antara band hijau dan band biru yang efektif untuk pendugaan kedalaman perairan. Peningkatan batimetri yang berasal dari citra multispektral menggunakan metode algoritma *satellite driven bathymetry* (SDB) ini telah mendapat perhatian yang signifikan dari perkembangan metode stumpf dan metode lainnya. Prinsip algoritma stumpf ini adalah faktor atenuasi kolom air akan melemahkan energi cahaya yang masuk kekolom air tersebut (Stumpf *et al.* 2003; Lyzenga 2006; Hogfe *et al.* 2008; Bachmann *et al.* 2012; Bramante *et al.* 2013 ; Pe'eri *et al.* 2014).

Pulau Kelapan merupakan pulau yang sangat unik dan memiliki daya tarik wisata karena pulau ini kaya akan biodiversitas mangrove, lamun dan terumbu karang. Secara geografis Pulau Kelapan terletak pada posisi 02° 51' 065" Lintang Selatan (S) dan 106° 49' 899" Bujur Timur (E) dengan luas daratan 385,907 ha dengan panjang pantai 8.548 m dan secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Bangka Selatan. Informasi dan data serta publikasi riset terkait pemetaan batimetri di perairan sekitar Pulau Kelapan, Kabupaten Bangka Selatan masih sangat minim, oleh karena itu penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui proses penentuan batimetri perairan laut dari citra satelit landsat 8 OLI di Pulau Kelapan dengan menggunakan komposit band spesifik serta mencari persamaan regresi linear antara nilai *satellite derived bathymetry* dengan nilai kedalaman sebenarnya dilapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di perairan dangkal disekitar Pulau Kelapan, kabupaten Bangka Selatan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung (Gambar 1). Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup komputer, software Ermapper 6.4/Arc Gis 10.1, data digital, serta peralatan sampling dilapangan. Penelitian ini juga menggunakan data sekunder yang diambil dari beberapa lembaga DISHIDROS serta Instansi terkait di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung mencakup Dinas Kelautan dan Perikanan (Dokumen RZWP3K provinsi Kepulauan Bangka Belitung) dan melakukan wawancara dengan stakeholder jika diperlukan.

Penelitian ini menggunakan metode survey. Adapun tahapan kerja pada penelitian ini sebagai berikut:

a.) Pra pengolahan citra digital, yang mencakup:

- Import data (metode ini adalah upaya penyesuaian format data pada perangkat lunak tertentu agar data citranya bisa terbaca oleh sistem)
- Pemilihan Saluran (saluran yang dipilih dalam praktek kerja lapangan ini berkaitan dengan objek air, maka memilih band 2, 3, dan 6 pada citra Landsat 8 OLI. Band 2 dan band 3 digunakan untuk

perbandingan ratio algoritma *satellite drived bathymetry*. Band 6 digunakan untuk mendiskriminasi kadar air dan tanah.

- Koreksi Geometrik (dilakukan pada citra untuk memperbaiki posisi objek pada citra sesuai dengan posisi sebenarnya di lapangan).
- Koreksi Radiometrik (dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra akibat gangguan diatmosfer, seperti hamburan awan atau hamburan objek lainnya)

b.) Pengolahan citra digital, yang mencakup :

- Pemotongan citra (*Cropping*; bertujuan untuk membatasi area analisis citra sesuai dengan AOI/*Area of Interest*)
- Pemisahan darat dan air (dilakukan untuk menentukan nilai batas ambang antara darat dan laut serta hanya menganalisis nilai air lautnya)
- Algoritma batimetri (digunakan untuk perbandingan korelasi band dalam menentukan kedalaman laut)
- Analisis statistik digunakan untuk mengetahui nilai korelasi kedalaman air laut

c.) Layout Peta yang merupakan hasil akhir proses kartografi yang berupa peta batimetri

d.) Analisis Data

- Algoritma Nilai *Satellite Derived Bathymetry* (SDB)

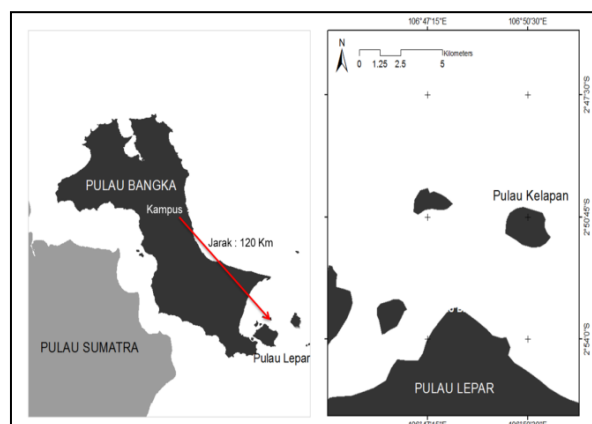
Metode algoritma *Sattelite drived bathymetry* untuk melakukan identifikasi nilai SDB (*satellite derived bathymetry*) dengan cara membedakan rasio band *blue* dan *green*. Sebuah hasil perbandingan rasio dua band membuat variasi kedalaman. Membuat konsep untuk *drived bathymetry* sebuah turbid air dan atenuasi yang kuat antara panjang gelombang hijau dan biru. Sehingga band atau kanal yang digunakan batimetri ini adalah band hijau dan biru. Rumus yang dikembangkan pada metode algoritma *satellite drived bathymetry* ini sebagai berikut (Pe'eri et al, 2014); dimana Ln Blue = band 2, Ln Green = band 3

$$\text{Satellite Derived Bathymetry} = \text{Ln Blue (Log Blue)} / \text{Ln Green (Log Blue)}$$

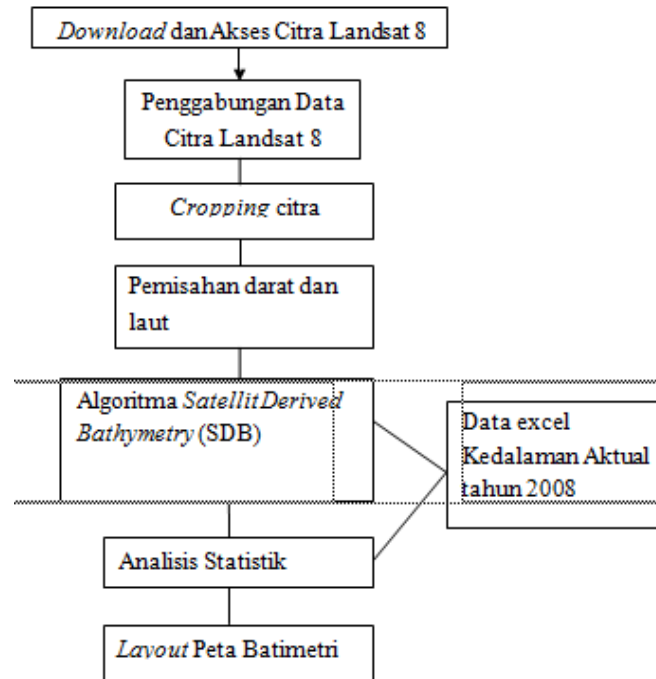
Analisis data dalam kajian ini digunakan menggunakan ratio log bukan ratio ln dikarenakan untuk mendapatkan nilai perbandingan angka 0,1 dalam pengolahan citra dan analisis data citra (Hartuti, 2016). Metode stumpf menggunakan log-ratio dengan perbandingan band biru dan hijau menghasilkan kondisi tipe perairan pesisir dengan panjang gelombang biru (400 – 500 nm) dan hijau (500 to 600 nm) lebih cepat mengetahui kedalaman air tersebut. (Stumpf *et al*, 2003). Sehingga rumus yang digunakan dalam analisis data ini adalah menggunakan perbandingan logaritma bland biru dengan logaritma band hijau (Hartuti, 2016).

- Analisis Regresi Linear

Analisis ini untuk menilai hubungan antara nilai kedalaman dengan hasil nilai SDB yang didapat pada citra. Pengolahan data untuk analisis ini menggunakan Microsoft Excel 2007, maka akan didapatkan nilai determinansi (R^2). Koefisien determinansi antara 0 sampai + 1 menunjukkan hubungan yang positif. Analisis ini digunakan juga untuk menilai akurasi dari peta batimetri yang dihasilkan *error* yang dihitung berdasarkan selisih antara data lapangan dan nilai kedalaman turunan dari citra satelit. Berikut formula yang digunakan dalam analisis regresi *trendlines linear* yaitu $Y = ax + b$; dimana z (kedalaman yang dicari); $a = m_1$, $b = m_2$; $x = \log \text{Blue} / \log \text{Green}$. a dan b diperoleh dari persamaan regresi antara data kedalaman perairan dengan rasio band 2 dan band 3. Model empiris yang digunakan adalah $y = ax + b$, sedangkan x merupakan nilai rasio Log pantulan band 2 dan Log pantulan band 3 (Hartuti, 2016).



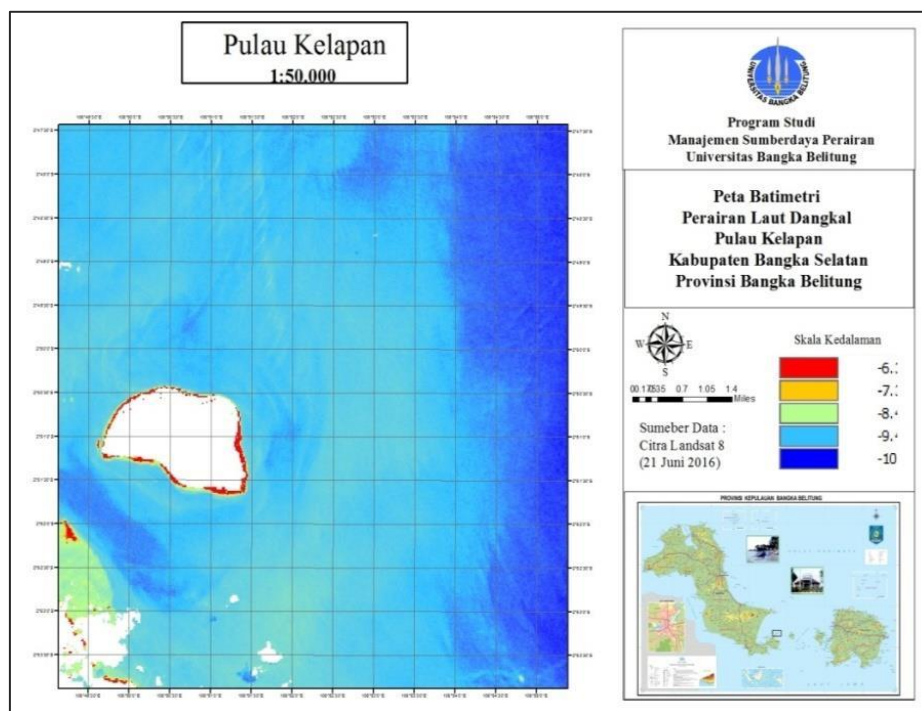
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Pulau Kelapan)



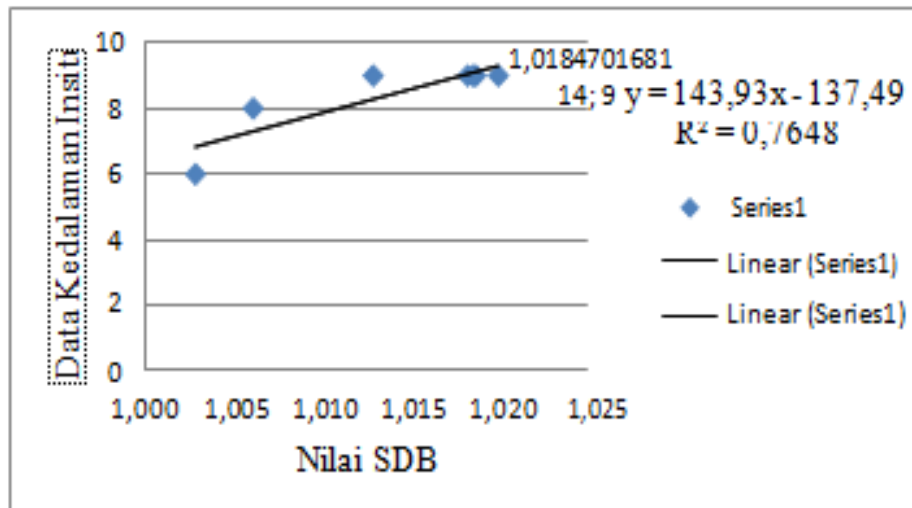
Gambar 2. Kerangka Pemikiran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan batimetri Pulau Kelapan, Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Bangka Belitung dilakukan menggunakan metode algoritma *Satellite Drived Bathymetry (SDB)*. *Satellite Drived Bathymetry (SDB)* adalah sebuah algoritma yang dapat digunakan untuk memetakan batimetri perairan laut dangkal (Liu *et al.* 2003). Berdasarkan hasil proses pengolahan citra satelit Landsat 8 OLI didapatkan hasil berupa nilai yang sesuai pada grafik regresi linear antara nilai kedalaman perairan dangkal pulau Kelapan dengan nilai *satellite drived bathymetry* yang disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Sehingga lokasi pendugaan kedalaman perairan dangkal disekitar Pulau Kelapan yang terdeteksi oleh citra Landsat 8 OLI adalah 6-10 meter. Adapun hasil layout berupa peta batimetri disajikan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Peta Batimetri Perairan Sekitar Pulau Kelapan



Gambar 4. Grafik Nilai SDB dan Kedalaman Insitu

Berdasarkan Gambar 4, hubungan nilai kedalaman dengan nilai satellite driven bathymetry yang didapat dari citra menghasilkan nilai yang saling berhubungan yang dikarenakan jika nilai kedalamannya rendah maka nilai *satellite derived bathymetry* akan rendah pula begitu juga sebaliknya (Stumpf, 2003). Persamaan empiris yang dipakai adalah persamaan regresi dengan nilai koefisien determinasi terbaik sehingga untuk menentukan nilai kedalaman adalah persamaan regresi $y = 143.9x - 137.4$. Nilai x yang dinyatakan sebagai rasio log band 2 dan band 3. Nilai y menunjukkan nilai kedalaman yaitu variable terikat. Jika nilai x1 adalah 1,0020 maka nilai y 6 meter sehingga titik pertama garis berada di kedalaman 6 meter. Jika nilai x dibawah 1 maka titik garis linear tidak akan muncul dan menyebabkan eror nilai grafik dikarenakan hasil nilai SDB yang didapatkan dari ratio band 2 dan 3 adalah dimulai dari 1.002 maka nilai persamaan regresinya $y = 143.9x - 137.4$ memiliki hubungan dalam menentukan kedalaman yang sangat baik dalam grafik. Nilai 143.9 menyatakan nilai a yaitu nilai *slope* positif jika nilai x yang merupakan variable bebas makin tinggi maka nilai y akan besar pula terhadap variable terikat tersebut. Ini menunjukkan nilai kedalaman berbanding lurus dengan nilai SDB sehingga garis linear akan semakin meningkat pada Gambar 4. Titik minimum jika $y=0$ maka bila $y = 0 = 143.9x - 137.4$ maka nilai x didapatkan adalah 0.95. Sehingga ketika pantulan reflektansi antara band 2 dan 3 didapatkan nilai SDB dimulai dari 1.002 jika dimasukkan kedalam rumus $y = 143.9x - 137.4$ maka akan menghasilkan nilai kedalaman yang dimulai dari kedalaman 6. Jika x2 adalah 1.006 maka kedalaman yang didapatkan pada garis linear Gambar 4 yaitu kedalaman 8. Hubungan jarak nilai *satellite driven bathymetry* akan membentuk titik garis regresi linear dengan jarak 0.004 menunjukkan nilai SDB yang semakin berjarak jauh maka akan menghasilkan kedalaman yang jauh pula apabila nilai SDB yang dihasilkan dengan jarak yang dekat seperti 0.001 pada kedalaman 9 meter yang didapatkan hasil nilai SDB 1.018 dan 1.019 yang menghasilkan nilai kedalaman sama yaitu 9 meter.

Fungsi regresi menunjukkan persamaan linear terbaik adalah rasio Log band 2 dengan Log band3, ditunjukkan nilai koefisien determinasi (R2) tertinggi sebesar 0,764. Fungsi regresi menunjukkan persamaan linear terbaik adalah nilai kedalaman dengan nilai *satellite driven bathymetry*, ditunjukkan nilai koefisien determinasi (R2) sebesar 0,764 menunjukkan angka koefisien tersebut berhubungan positif karena mendekati +1 (Hartuti, 2016). Nilai ratio band 2 (*blue*) dan 3 (*green*) dalam metode algoritma *satellite driven bathymetry* menghasilkan nilai pantulan citra yang baik pada hasil Gambar 4 ini yang dapat saling berhubungan dengan nilai kedalaman yang didapat pada saat uji akurasi.

Saluran biru yang merupakan panjang gelombang terpendek menembus badan perairan dengan jarak yang lebih panjang dari saluran lainnya, disusul dengan panjang gelombang saluran hijau. Semakin pendek panjang gelombang maka kemampuan menembus badan perairan akan semakin panjang (Green *et al.* 2000) Kedalaman perairan 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 (Hartoko, 2012). Nilai pantulan berbanding lurus dengan nilai kedalaman. Ini dapat dilihat di grafik linear hubungan nilai pantulan terhadap nilai kedalaman laut pada Gambar 4. Nilai pantulan dari kedua 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. Grafik hasil Gambar 4 tersebut menunjukkan pengaruh eksponensial kedalaman laut terhadap nilai spektral citra yang berubah menjadi hubungan linear setelah dilakukan transformasi Log ini membuktikan kenyataan bahwa saat cahaya matahari masuk ke dalam tubuh perairan maka intensitasnya akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya kedalaman laut (Stumpf, 2003). Pada **Gambar 4** hasil peta layout yang di buat menggunakan software ArcMap didapatkan kedalaman 6-10 meter dibedakan menggunakan perbedaan warna untuk setiap kedalaman. Warna biru tua menunjukkan nilai kedalaman yang didapat semakin dalam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Batimetri perairan laut dangkal di sekitar Pulau Kelapan yang menggunakan algoritma *Satellite Derived Bathymetry* pada hasil pemrosesan citra digital landsat 8 OLI menggunakan band 2 dan band 3 dan band 6 menghasilkan nilai kedalaman minimum berkisar 4 – 11 meter. Nilai kedalaman insitu dengan nilai SDB memiliki hubungan yang erat dengan persamaan regresi linear yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu $y = 143.9x - 137.4$.

Saran

Pada penelitian berikutnya, diupayakan menggunakan citra satelit landsat beresolusi lebih tinggi dengan metode ground check yang lebih komprehensif, tidak hanya bersumber dari data sekunder seperti data batimetri DISHIDROS saja namun harus cek lapangan sesuai dengan metode standar dalam pengambilan data survey oseanografi menggunakan instrumentasi kelautan berstandar (*echosounder*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada UBB dan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional yang telah mensupport keberhasilan dalam kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhrianti I. Nurtjahya E, Franto, Syar'i I A. 2018. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat ETM Multitemporal di Wilayah Pesisir Utara Pulau Mendanau dan Pulau Batu Dinding. *Akuatik Jurnal Sumberdaya Perairan*, Vol 12(1): 12-26. p-ISSN: 1978-1652, e-ISSN: 2656 – 5498.
- Arif M. 2012. Pendekatan Baru Pemetaan Bathimetric Menggunakan Data Penginderaan Jauh SPOT; Studi Kasus Teluk Perigi dan Teluk Popoh. *Jurnal Teknologi Dirgantara*. Vol. 10 Edisi 1. Hlm. 71-80
- Arief M, Hastuti M, Asriningrum W, Parwati E, Budiman S, Prayogo T, dan Hamzah R. 2013. Pengembangan Metode Pendugaan Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Data Satelit SPOT-4; Studi Kasus Teluk Ratai Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Penginderaan Jauh*. Vol. 10 Edisi 1. Hlm. 1-14
- Hartuti M. 2016. Pemanfaatan Penginderaan Jauh Batimetri. Lembaga Penerbangan dan Antariksa. Jakarta Timur
- Hogfe, K. R., D. J. Wright, and E. J. Hochberg 2008. *Derivation and integration of shallow-water bathymetry: implications for coastal terrain modeling and subsequent analyses*. *Marine Geodesy* 31:299–317
- Liu Y, Anisul IM and Jay Gao J. 2003. *Quantification of shallow water quality parameters*. *Progress in Physical Geography*. 27 (1) : 24 – 43.
- 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.
- Hartoko A. 2012. Image Processing and Algorithm for Mangrove Using Quickbird. Marine Geomatic Center. Semarang: *Jurnal of Management of Aquatic resources*, 1(2):57-66.
- Hartoko A. Hendrarto B. and Merici D A 2013. Perubahan Luas Vegetasi Mangrove di Pulau Parang, Kepulauan Karimunjawa Menggunakan Citra Satelit. Semarang : *Jurnal of Management of Aquatic Resources*. 2(2):19-27.
- Mohamed Hassan, Abdelazim Negm, Mohamed Zahran, and Oliver C. Saavedra. 2016. Bathymetry Determination from High Resolution Satellite Imagery Using Ensemble Learning Algorithms in Shallow Lakes: Case Study El Burullus Lake. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(4) : 295
- Pe'eri, S., C, Parrish, C. Azuiké, L. Alexander and A. Armstrong, 2014. *Satellite Remote Sensing as Reconnaissance Tool for Assessing Nautical Chart Adequacy and Completeness*, *Marine Geodesy*, 37(3), 293-314
- Stumpf, R., K. Holderied and M. Sinclair. 2003. *Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over*

variable bottom types, Limnology and Oceanography,48, 547-556

Suwargana N. 2013. Resolusi Spasial, Temporal dan Spektral Pada Citra Stelit Landsat,Spot, dan Ikonos.Jurnal Ilmiah Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. 1(2) :167-174.

Tarigan S. 2014. Studi Pemetaan Batimetri menggunakan Multibeam Echosounder di Perairan Pulau Komodo, manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur. Jurnal Osecanografi Undip. 3(2):257-266