

PEMANFAATAN METODE SEMI-ANALITIK UNTUK PENENTUAN BATIMETRI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI

(UTILIZATION OF SEMI-ANALYTICAL METHODS FOR DETERMINING BATIMETRY USING HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES)

Kuncoro T. Setiawan^{1,a}, Gathot Winarso^{1,b}, Devica N. BR. Ginting^{1,b}, M.D.M. Manessa^{2,b}, Surahman^{3,b}, Nanin Anggraini^{1,a}, Maryani Hartuti^{1,b}, Wikanti Asriningrum^{1,a}, Ety Parwati^{1,b}

¹Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

²Departemen Geografi, Universitas Indonesia

³Pusat Hidrografi dan Oseanografi, TNI AL

^aKontributor utama, ^bKontributor anggota

E-mail: kunteguhs@gmail.com

Diterima: 1 Oktober 2019; Direvisi: 26 November 2020; Disetujui: 26 November 2020

ABSTRACT

Semi-Analytical methods for detecting bathymetry using medium resolution satellite image data is the development of methods for determining satellite-based bathymetry. This method takes into account the principle of the propagation of light waves in water and the intensity of incident light which decreases according to the increase in depth traversed. The satellite image used is SPOT 7. The image is the latest generation of SPOT satellites which have 4 multispectral channels with a spatial resolution of 6 meters. Therefore, this high-resolution image is expected to produce bathymetry in shallow marine waters more accurately. Semi-analytical methods used to detect bathymetry are Benny and Dawson's methods. This method uses a comparison of the reflectance value between deep water and shallow water by taking into account the approach of the water column attenuation coefficient and the elevation angle of the satellite. The purpose of this study is to detect bathymetry in shallow sea waters. The study area is Karimunjawa Island coastal waters, Jepara, Central Java. The data used is the SPOT 7 acquisition image dated 18 May 2017 has been analysed, in situ depth data as well as tide data. The results showed that off the three SPOT 7 channels, the depth range of 0 - 11.45 meters for the blue channel band, 0 - 10.49 meters for the green channel and 0 - 9.72 meters for the channel red. The accuracy of the bathymetry detection results from the green channel shows quite good results to a depth of less than 5 meters. Green channel parameters of the Benny Dawson algorithm used are 0.3274 for L_d , 0.8932 for L_o , attenuation coefficient of 0.823 and $\text{Cosec } E$ '0.6311272.

Keywords: *Semi-analytical Methods, Bathymetry, SPOT 7, Karimunjawa*

ABSTRAK

Metode semi-analitik untuk mendeteksi batimetri menggunakan data citra satelit resolusi menengah merupakan pengembangan metode penentuan batimetri berbasis satelit. Metode ini memperhitungkan prinsip perambatan gelombang cahaya dalam air dan intensitas cahaya yang melalui kolom air akan berkurang secara eksponensial sebanding dengan peningkatan kedalaman yang dilalui. Citra satelit yang digunakan yaitu SPOT 7. Citra tersebut merupakan generasi terbaru satelit SPOT yang memiliki 4 saluran multispektral dengan resolusi spasial 6 meter. Oleh karena itu, citra resolusi tinggi ini diharapkan menghasilkan informasi batimetri di perairan laut dangkal lebih akurat. Metode semi-analitik yang digunakan untuk mendeteksi batimetri yaitu metode Benny dan Dawson (1983). Metode ini menggunakan perbandingan nilai reflektansi antara perairan dalam dengan perairan dangkal dengan memperhatikan pendekatan koefisien atenuasi kolom air dan sudut elevasi dari satelit. Tujuan dari penelitian ini yaitu mendeteksi batimetri di perairan laut dangkal menggunakan metode Benny dan Dawson (1983). Lokasi penelitian yaitu di perairan laut dangkal Pulau Karimunjawa, Jepara, Jawa Tengah. Data yang digunakan adalah citra SPOT 7 akuisisi tanggal 18 Mei 2017 yang telah dianalisis, data kedalaman in situ serta data pasang surut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari ketiga kanal SPOT 7 menghasilkan kisaran kedalaman 0 - 11,45 meter untuk *band* kanal biru, 0 - 10,49 meter untuk kanal hijau dan 0 - 9,72 untuk kanal merah. Akurasi hasil deteksi batimetri dari kanal hijau menunjukkan hasil yang cukup baik hingga pada kedalaman kurang dari 5 meter. Parameter kanal hijau dari algoritma Benny Dawson yang digunakan yaitu 0,3274 untuk L_d , 0,8932 untuk L_o , koefisien atenuasi sebesar 0,823 serta $\text{Cosec } E' 0,6311272$.

Kata kunci: *Metode Semi-analitik, Batimetri, SPOT 7, Karimunjawa*

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan 77% merupakan wilayah lautan, yang meliputi perairan laut dangkal hingga perairan laut dalam. Luas perairan pedalaman dan perairan kepulauan yaitu 3.110.000 km², panjang garis pantai 108.000 km dan jumlah pulau ±17.504 buah (Kemenkomarves, 2018). Lebih jauh lagi, wilayah laut kepulauan ini perlu diidentifikasi lebih detail untuk mengenali kondisi geo-bio-fisik yang ada seperti informasi kondisi batimetri.

Pengukuran kedalaman secara konvensional dalam rangka pembuatan informasi batimetri dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran kedalaman standar yaitu *multibeam* atau *singlebeam echosounder*. Penggunaan alat tersebut pada perairan laut dangkal membutuhkan waktu yang lama, dan biaya yang mahal, terdapat keterbatasan operasional dan membahayakan. (Kanno *et al.*, 2011; Nuha *et al.*, 2019).

Arti penting informasi kondisi batimetri ditemukan dalam beberapa penelitian sebelumnya. Batimetri dapat membantu memetakan habitat terumbu karang seperti substrat dasar dan lamun (Siregar *et al.*, 2010). Banyak aspek laut baik perencanaan spasial, lingkungan laut, budidaya perairan memerlukan data batimetri (Hell *et al.*, 2012). Informasi batimetri terutama perairan laut dangkal membantu dalam perencanaan

pembangunan dermaga kapal, keselamatan pelayaran, pemeliharaan kabel dan pipa di bawah laut, dan mewujudkan tol laut (Julzarika, 2017); serta kegiatan akuakultur (Setiawan *et al.*, 2014). Selain itu informasi batimetri di perairan laut dangkal sangat penting untuk keperluan penentuan lokasi pelabuhan pelayaran, penentuan garis pantai, penentuan areal budidaya, penentuan lokasi habitat dasar perairan laut dangkal serta pengelolaan wilayah pesisir. Dimana ketersediaan informasi batimetri seluruh lautan yang ada di Indonesia menjadi suatu kebutuhan (Nuha *et al.*, 2019).

Teknologi penginderaan jauh sangat efektif dan efisien dimanfaatkan untuk menyusun dan merevisi informasi sumber daya alam, sehingga teknologi tersebut berguna untuk mendukung perencanaan dan manajemen (Butler, 1988; Lillesand dan Kiefer, 1994). Teknologi penginderaan jauh akan merekam suatu area permukaan dan area yang ada disekitarnya (Danoedoro, 1996). Hasil perekaman disimpan oleh citra satelit pada setiap panjang gelombang dari satelit tersebut. Nilai reflektansi panjang gelombang inilah yang digunakan untuk pembuatan informasi batimetri. Perkembangan teknologi penginderaan jauh tersebut menjadi sumber data untuk menghasilkan informasi batimetri berbasis satelit (BBS) atau *Satelit Derived Bathymetry* (SDB).

Sejak 1970, teknologi penginderaan jauh satelit telah dimanfaatkan sebagai alternatif untuk meminimalkan pemetaan batimetri secara konvensional. Pengukuran batimetri dengan teknologi penginderaan jauh dapat dilakukan dengan menganalisis nilai spektral setiap kanal dari citra satelit. Cahaya pada kanal dengan panjang gelombang pendek dapat menembus air lebih dalam dibandingkan dengan cahaya pada kanal dengan panjang gelombang panjang. Metode ekstraksi citra satelit untuk mendapatkan estimasi informasi batimetri ada beberapa model diantaranya adalah metode empiris, metode analitik dan model semi analitik. Beberapa model empiris yang telah dilakukan diantaranya Manessa *et al.*, 2016, Manessa *et al.*, 2017, Hartuti *et al.*, 2017, Setiawan *et al.*, 2019, Setiawan *et al.*, 2020.

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode semi analitik dalam rangka menerapkan formulasi analitik yang dikembangkan oleh Benny dan Dawson (1983). Metode semi analitik ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi dari capaian metode empiris yang selama ini banyak berkembang serta mengurangi data lapangan dalam pemodelan batimetri yang dihasilkan. Pemilihan algoritma analitik Benny dan Dawson (1983) karena algoritma tersebut merupakan awal pendekatan hukum Beer secara langsung.

Metode semi-analitik untuk deteksi batimetri menggunakan data citra satelit merupakan pengembangan metode BBS. Penelitian ini menggunakan metode Benny dan Dawson (1983). Metode tersebut menggunakan nilai reflektansi antara perairan dengan perairan dangkal dengan memperhatikan sudut elevasi dari satelit serta nilai koefisien atenuasi. Koefisien atenuasi ditentukan menggunakan rasio kanal gelombang biru dan kanal gelombang hijau mengikuti algoritma koreksi kolom air Lyzenga (1978).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi batimetri di perairan laut dangkal menggunakan citra satelit resolusi tinggi. Lokasi penelitian di Pulau Karimunjawa, Jepara, Jawa Tengah. Data yang digunakan adalah citra SPOT 7 akuisisi 18 Mei 2017.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Penelitian ini dilakukan di Pulau Karimunjawa, Jepara, Provinsi Jawa Tengah yang secara geografis terletak pada koordinat 5°44'18.16" - 5°55'22.76" LS dan 110°24'37.85" - 110°31'03.06" BT (Gambar 2-1). Pulau Karimunjawa memiliki karakteristik perairan dangkal yang baik untuk diujikan sebagai lokasi pengujian BBS dengan pendekatan semi-analitik.



Gambar 2-1: Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra SPOT-7 tanggal akuisisi 18 Mei 2017. Data kedalaman *in situ* yang dikumpulkan melalui kegiatan pengukuran kedalaman dilapangan dengan *singlebeam echousounder* pada tanggal 22 – 28 Juni 2018 serta menggunakan data pasut dari Pushidrosal. Data pasut dilakukan untuk mengkoreksi data kedalaman insitu yang diukur dilapangan. Data *in situ* kedalaman terkoreksi pasut digunakan untuk melakukan pengujian akurasi.

2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data terdiri dari pra-pengolahan citra, ekstraksi citra serta perhitungan akurasi. Pra-pengolahan citra satelit adalah pemrosesan citra satelit sebelum proses utama yaitu ekstraksi citra satelit SPOT 7 untuk menghasilkan informasi kedalaman laut dilakukan. Pra pengolahan tersebut meliputi koreksi

atmosferik, radiometrik, penentuan nilai koefisien atenuasi dan koreksi pasang surut. Koreksi atmosfer dilakukan karena atmosfer dapat meningkatkan nilai spektral karena partikel atmosfer memiliki pantulan yang lebih tinggi, sehingga kehadiran partikel-partikel ini dapat menyebabkan bias. Koreksi radiometrik adalah proses untuk meningkatkan kualitas visual gambar, dalam hal mengoreksi nilai piksel yang tidak cocok dengan nilai reflektansi atau emisi spektral dari objek aktual. Penentuan koefisien atenuasi dilakukan dengan menggunakan algoritma perbandingan *band* untuk kolom air. Koreksi pasang surut dilakukan untuk mengoreksi informasi kedalaman *in situ* yang diukur pada saat survei lapangan.

Ekstraksi Citra Satelit SPOT 7 untuk informasi batimetri merupakan penerapan prinsip perambatan gelombang cahaya dalam air dan intensitas cahaya yang melalui kolom air akan berkurang secara eksponensial sebanding dengan peningkatan kedalaman yang dilalui. Panjang gelombang cahaya yang berbeda akan menembus air ke tingkat kedalaman yang berbeda. Ketika cahaya melewati air, panjang gelombang tersebut akan melemah oleh interaksi dengan kolom air secara eksponensial terhadap nilai kedalaman yang telah dilaluinya. Oleh karena itu intensitas cahaya tersisa akan bergantung kepada intensitas cahaya awal yang masuk serta kedalaman yang telah dilalui sesuai dengan persamaan 1 di bawah ini. Konsep perambatan gelombang yang terjadi di air digambarkan oleh Benny Dawson (1983) pada Gambar 2-2 yang menjadi dasar algoritma penurunan nilai batimetri dari ekstraksi citra satelit SPOT 7 pada penelitian ini.

$$I_d = I_0 \cdot e^{-pk} \dots(1)$$

$$p = d + d \cdot \text{Cosec}(E') \dots(2)$$

Dimana :

I_d = intensitas cahaya tersisa

I_0 = intensitas cahaya awal

p = panjang jalur yang dilalui

d = kedalaman laut

k = koefisien atenuasi

E' = sudut pantulan dasar permukaan

Algoritma penentuan nilai koefisien atenuasi ditentukan dengan menggunakan persamaan Lyzenga, 1978

$$k = \frac{a + \sqrt{(a^2 + 1)}}{(var\ TM1 - var\ TM2)} \dots(3)$$

$$a = \frac{2 \cdot covar\ TM1TM2}{\dots} \dots(4)$$

Dimana:

k = koefisien atenuasi

$var\ TM1$ = Varian dari kanal biru

$var\ TM2$ = Varian dari kanal hijau

$covar\ TM1TM2$ = Kovarian dari kanal biru dan kanal hijau

Untuk penentuan sudut E' menggunakan persamaan pembiasan Hukum Snellius

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

Dimana :

i = sudut datang pada medium 1

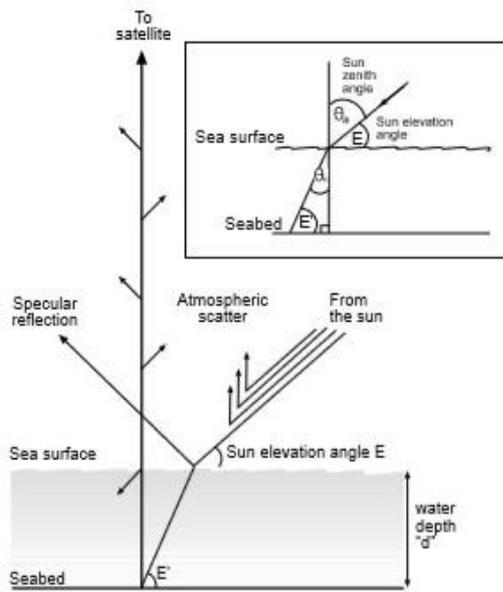
r = sudut bias pada medium 2

n_1 = indeks bias medium 1

n_2 = indeks bias medium 2

Untuk suatu lokasi perairan laut yang memiliki nilai kedalaman maka panjang jalur yang akan dilalui oleh suatu panjang gelombang adalah $d + d \cdot \text{cosec}(E')$. Oleh karena itu intensitas yang dipancarkan dari permukaan laut bergantung pada pantulan dari dasar serta kondisi dasar air yang dinyatakan dalam parameter R sesuai pada persamaan 5.

$$I_d = R \cdot I_0 \cdot e^{-kd(1+\text{cosec}(E'))} \dots (5)$$



Gambar 2-2: Konsep Perambatan Gelombang (Benny and Dawson,1983)

Asumsi bahwa energi gelombang yang dikembalikan ke sensor oleh pantulan objek dari atmosfer adalah sama untuk semua perairan dalam maupun diperairan dangkal. Oleh karena itu total energi gelombang yang direkam oleh satelit (L) adalah sesuai pada persamaan 6.

$$L = L_d + R.I_0.e^{-kd(1+\text{cosec}(E'))} \dots (6)$$

Dimana L_d = pantulan dari laut dalam
 Rasio cahaya dari dua kedalaman yang berbeda, x dan y :

$$\frac{L_x - L_d}{L_y - L_d} = \frac{R.I_0.e^{-kx(1+\text{cosec}(E'))}}{R.I_0.e^{-ky(1+\text{cosec}(E'))}} \dots (7)$$

Dengan asumsi tipe dasar yang sama dan refleksinya sama, Dari dua kedalaman tersebut dihasilkan penyederhanaan persamaan:

$$\frac{L_x - L_d}{L_y - L_d} = \frac{e^{-kx(1+\text{cosec}(E'))}}{e^{-ky(1+\text{cosec}(E'))}} \dots (8)$$

Jika kita berikan $y = 0$ (pada kedalaman air yang sangat dangkal), maka L_y menjadi L_0 , maka persamaannya menjadi:

$$\frac{L_x - L_d}{L_0 - L_d} = e^{-kx(1+\text{cosec}(E'))} \dots (9)$$

Dihasilkan untuk kedalaman X dengan mengambil logaritma natural didapat:

$$\text{Depth } x = \frac{\log_e(L_x - L_d) - \log_e(L_0 - L_d)}{-k(1 + \text{cosec}(E'))} \dots (10)$$

Dimana :

L_x = sinyal yang direkam oleh sensor dari air kedalaman x ,

L_d = sinyal yang direkam oleh sensor dari air dalam (> 30 m),

L_0 = sinyal yang direkam oleh sensor dari air dangkal,

k = koefisien atenuasi,

E' = sudut pantulan dasar perairan.

Nilai estimasi batimetri ditentukan dari ketiga kanal *visible* yaitu kanal biru, kanal hijau dan kanal merah citra SPOT 7. Nilai batimetri dari hasil ketiga kanal tersebut akan dibandingkan satu sama lain untuk melihat perbedaan yang terjadi serta dihitung akurasi dari masing masing ekstraksi informasi batimetri yang dihasilkan.

Data batimetri hasil model semi analitik dianalisis dengan menggunakan data lapangan dan dihitung orde ketelitian berdasarkan standar IHO-S44, 2008 yang terdiri dari ordo spesial, ordo 1A/1B, dan ordo 2. Penentuan ordo tersebut merupakan pengelompokan berdasarkan tingkat nilai akurasi dari setiap kedalaman hasil ekstraksi. Ordo spesial merupakan kelompok akurasi yang tertinggi dan ordo 2 adalah akurasi yang terendah berdasarkan aturan IHO tersebut. Kriteria yang digunakan adalah nilai total ketidakpastian vertikal (TVU).

$$TVU = \sqrt{(a^2 + (bxd)^2)} \dots (11)$$

Dimana:

a = koefisien ketidakpastian yang tidak bergantung dengan kedalaman

b = koefisien ketidakpastian yang bergantung pada kedalaman

d = kedalaman

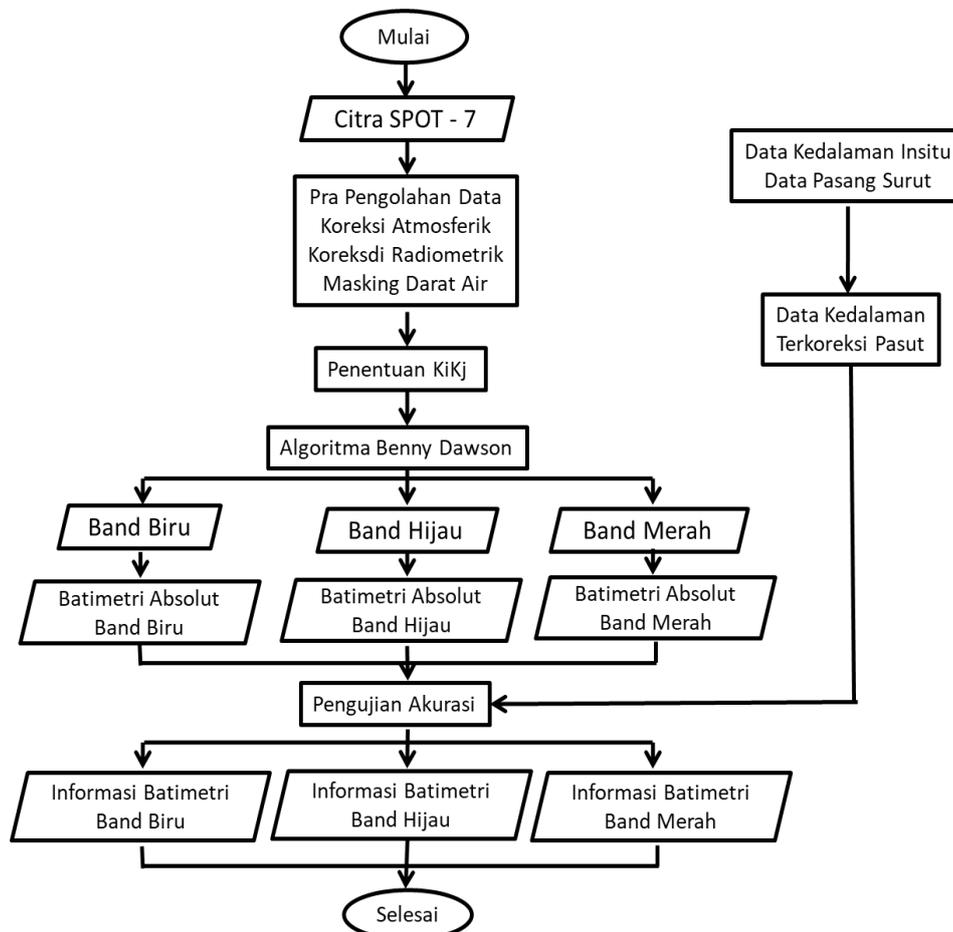
Tabel 2-1; NILAI MAKSIMUM TVU (IHO, 2008)

Ordo	a	b
Ordo Spesial	0,250	0,0075
Ordo 1A	0,500	0,0130
Ordo 1B	0,500	0,0130
Ordo 2	1,000	0,0230

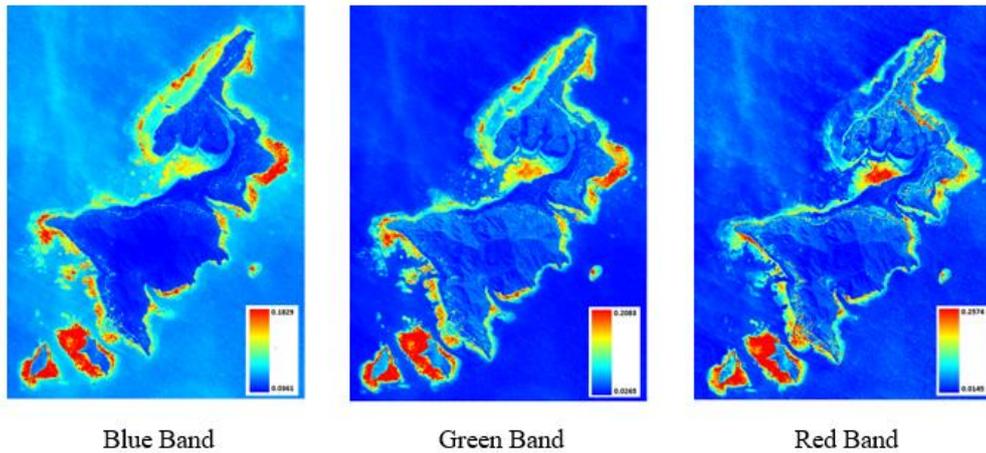
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemrosesan dimulai dengan mendapatkan data citra SPOT 7 yang diakuisisi tanggal 18 Mei 2017 dan dilanjutkan dengan proses koreksi data. Proses koreksi data yang dilakukan meliputi koreksi atmosfer dan radiometrik. Koreksi atmosfer berguna untuk menghilangkan atau mengurangi efek atmosfer. Hasil koreksi atmosferik menghasilkan nilai reflektansi dari objek

yang ada di permukaan bumi termasuk objek dibawah air. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memberikan stabilitas nilai refleksi digital dari setiap objek yang didasarkan pada air. Proses radiometrik dilakukan dengan mengubah nilai digital setiap piksel menjadi nilai reflektansi. Nilai reflektansi dari *band* biru, hijau, dan merah dari citra SPOT-7 di perairan Pulau Karimunjawa, ditunjukkan pada Gambar 3-2. Penggunaan data citra SPOT 7 2017 tersebut masih relevan digunakan untuk mengekstraksi informasi batimetri, dikarenakan kondisi batimetri tidak akan mengalami perubahan bila tidak ada pergeseran lempeng bumi yang mengakibatkan gempa bumi tektonik di sekitar lokasi.



Gambar 3-1: Diagram Alir Penelitian



Gambar 3-2: Reflektansi Citra SPOT 7

Proses perhitungan batimetri untuk menentukan kedalaman absolut menggunakan algoritma Benny dan Dawson (1983) sebagai berikut:

$$\text{Depth } x = \frac{\log_e(L_x - L_d) - \log_e(L_0 - L_d)}{-k(1 + \cos ec(E'))}$$

Data SPOT 7 tersebut menghasilkan nilai-nilai parameter penentuan kedalaman absolut dari algoritma Benny dan Dawson (1983). Tipe data SPOT 7 yang digunakan adalah data reflektan, nilai-nilai parameter tersebut terdapat pada Tabel 3-1.

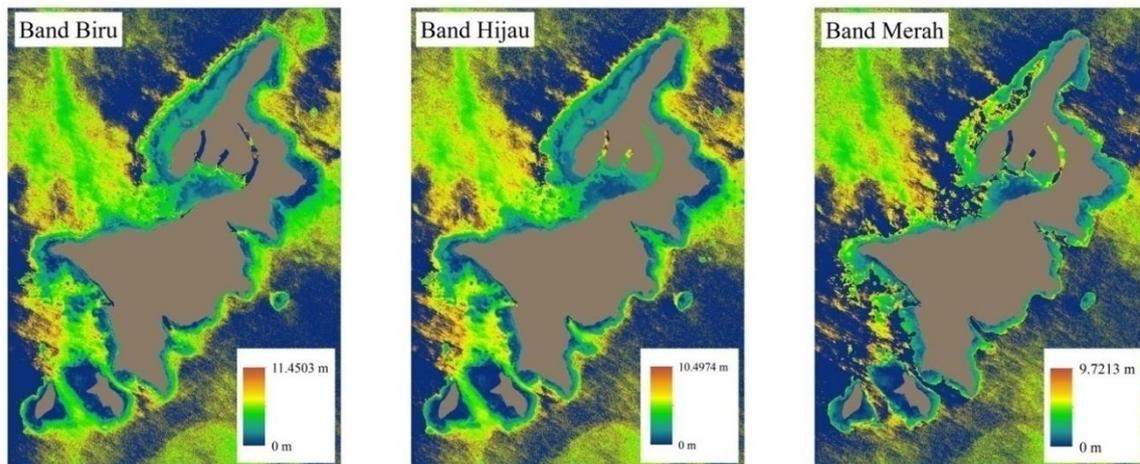
TABEL 3-1: PARAMETER CITRA SPOT 7

Citra SPOT 7	Band Biru	Band Hijau	Band Merah
L_d	0,4618	0,3274	0,2004
L_0	0,813	0,8932	0,5414
k	0,823		
$\text{Cosec } E'$	0,6311272		

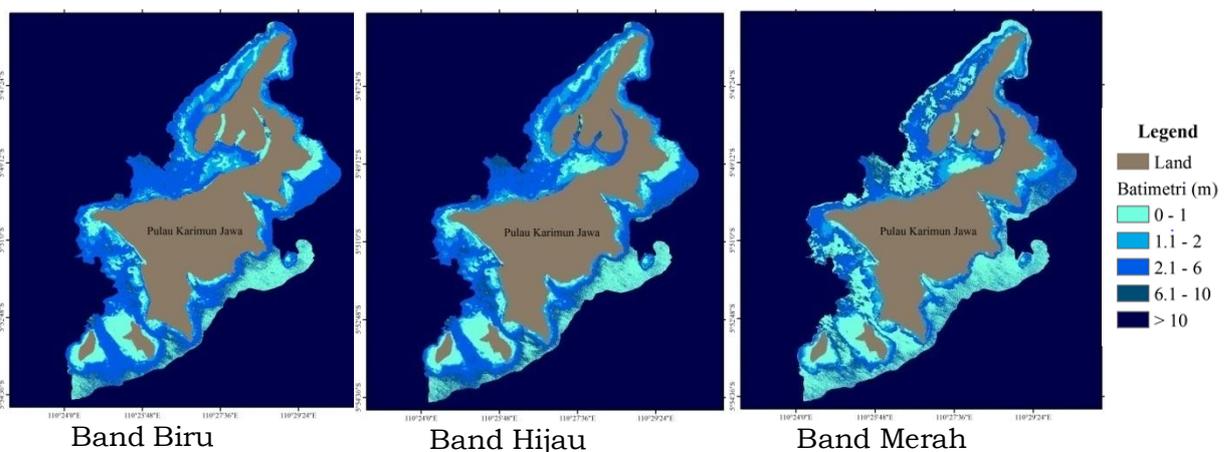
Dari nilai-nilai parameter tersebut dihasilkan nilai kedalaman absolut setiap *band* dari citra SPOT 7 yang digunakan. Hasil ekstraksi kedalaman absolut dari

band biru menghasilkan kedalaman hingga 11,45 meter. Ekstraksi kedalaman absolut dari *band* hijau menghasilkan kedalaman hingga 10,49 meter, sedangkan ekstraksi kedalaman absolut dari *band* merah menghasilkan kedalaman hingga 9,72 meter (Gambar 3-3). Dari Gambar 3-3 tersebut terlihat bahwa hasil ekstraksi menunjukkan bahwa *band* biru citra SPOT 7 mampu melakukan penetrasi kedalam kolom air yang lebih dalam dibandingkan dengan *band* hijau maupun *band* merah.

Dari nilai ekstraksi kedalaman absolut *band* biru, *band* hijau dan *band* merah selanjutnya dilakukan klasifikasi menjadi lima kelas kedalaman. Kelima kelas kedalaman tersebut adalah interval 0 - 1 meter, 1 - 2 meter, 2 - 6 meter, 6 - 10 meter dan lebih dari 10 meter. Pengelasan kedalaman dilakukan dengan mengelompokkan nilai kedalaman pada interval tersebut berdasarkan hasil kedalaman absolut algoritma Benny dan Dawson (1983). Informasi batimetri dari hasil kedalaman absolut dari *band* biru, *band* hijau dan *band* merah citra SPOT 7 Tahun 2017 terlihat pada Gambar 3-4.



Gambar 3-3: Kedalaman Absolut dari Citra SPOT 7



Gambar 3-4: Informasi Batimetri dari Citra SPOT 7

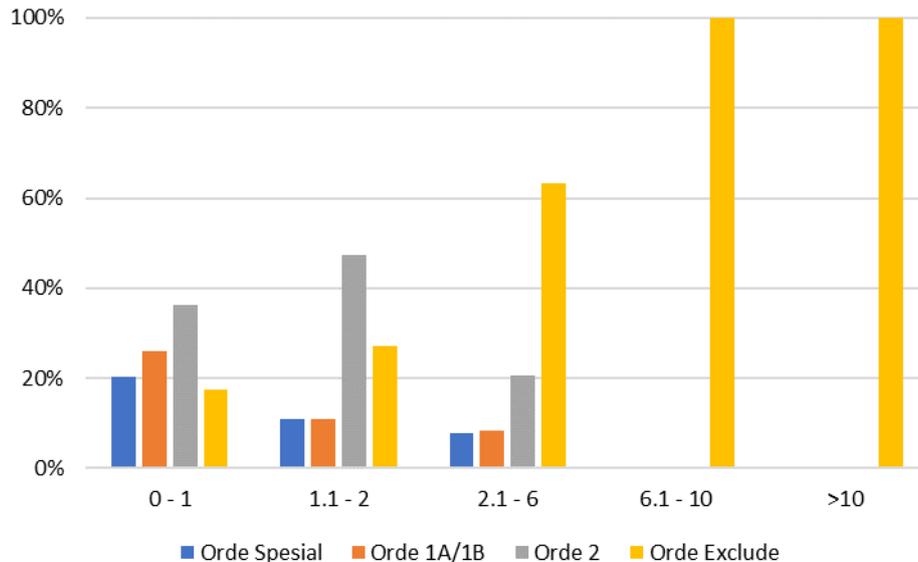
Perhitungan ketelitian dilakukan berdasarkan standar IHO S44 (IHO, 2008) yang dibuat berdasarkan interval kedalaman. Metode Benny Dawson (1983) yang digunakan pada band biru citra SPOT 7 menghasilkan ketelitian yang ditunjukkan pada Tabel 3-2. Tabel 3-2 menunjukkan bahwa ketelitian yang masuk dalam orde spesial terbesar terdapat pada interval kedalaman kurang dari 1 meter. Pada interval tersebut dari 69 sampel data yang digunakan diperoleh sebanyak 14 titik masuk dalam orde spesial, 18 titik masuk dalam orde 1A/1B, 25 titik masuk dalam orde 2 dan 12 titik yang tidak masuk dalam orde (*exclude*) dengan memiliki ketelitian 1,03 meter. Data sampel kedalaman *in situ* yang digunakan tersebut merupakan data kedalaman yang

sudah terkoreksi pasang surut. Hasil tersebut selanjutnya akan dilakukan perbandingan dengan Peta Laut Nomor 83 di perairan Karimunjawa milik Pushidrosal.

Hasil kedalaman dengan metode Benny Dawson (1983) dengan menggunakan *band* biru citra SPOT 7 pada kedalaman kurang dari 2 meter menghasilkan ketelitian pada ordo yang ditentukan standar IHO S44 masih dominan bila dibandingkan dengan yang ada di luar orde atau *exclude*. Namun untuk kedalaman lebih dari 2 meter metode Benny Dawson tersebut menghasilkan akurasi dengan kelas diluar ordo yang sangat dominan. Distribusi dinamisasi ketelitian metode Benny Dawson dengan *band* biru dapat dilihat pada Gambar 3-5.

TABEL 3-2: HASIL KETELITIAN KEDALAMAN ABSOLUT *band* BIRU CITRA SPOT 7 (2017)

Data Kedalaman (meter)	Jumlah Data	Ordo			Exclude	Ketelitian (meter)
		Speisial	1A/1B	2		
0 - 1	69	14	18	25	12	1,03
1,1 - 2	55	6	6	26	15	0,97
2,1 - 6	169	13	14	35	107	1,88
6,1 - 10	79	0	0	0	79	4,50
>10	110	0	0	0	110	10,84
Total Data	482					

Gambar 3-5: Distribusi Persentase Hasil Ketelitian *band* Biru Citra SPOT 7

Metode Benny Dawson (1983) yang digunakan pada *band* hijau citra SPOT 7 menghasilkan ketelitian yang ditunjukkan pada Tabel 3-3. Tabel 3-3 menunjukkan bahwa ketelitian yang masuk dalam orde spesial terbesar terdapat pada interval kedalaman kurang dari 1 meter. Pada interval tersebut dari 69 sampel data yang digunakan didapat sebanyak 21 titik masuk dalam orde spesial, 22 titik masuk dalam orde 1A/1B, 14 titik masuk dalam orde 2 dan 12 titik yang tidak masuk dalam orde (*exclude*) dengan ketelitian 0,82 meter. Data sampel kedalaman *in situ* yang digunakan tersebut merupakan data kedalaman yang sudah terkoreksi pasang surut.

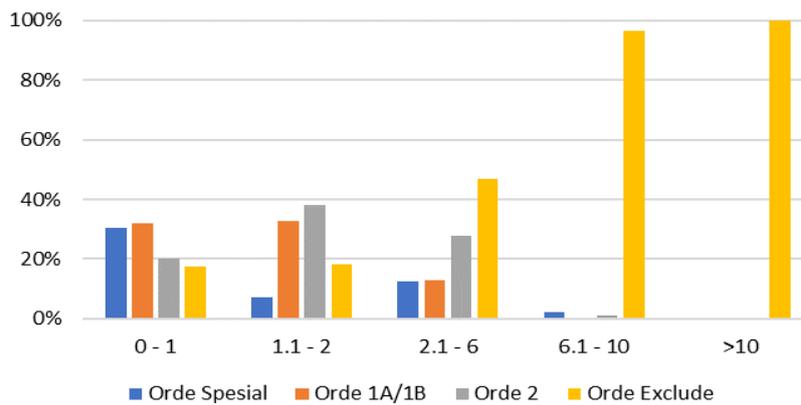
Hasil kedalaman dengan metode Benny Dawson (1983) dengan menggunakan *band* hijau citra SPOT 7 pada kedalaman

kurang dari 2 meter menghasilkan ketelitian pada orde yang ditentukan standar IHO S44 masih dominan bila dibandingkan dengan yang ada di luar orde atau *exclude*. Dari Tabel 3-3, pada interval 1,1 sampai dengan 2 meter hasil ketelitian *band* hijau yaitu sebesar 0,81 meter. Nilai ketelitian tersebut lebih baik dibandingkan dengan interval 0 sampai dengan 1 meter. Namun untuk kedalaman lebih dari 2 meter metode Benny Dawson (1983) menghasilkan akurasi dengan kelas diluar orde yang sangat dominan. Distribusi dinamisasi ketelitian metode Benny Dawson (1983) dengan *band* hijau dapat dilihat pada Gambar 3-6.

Metode Benny Dawson (1983) yang digunakan pada *band* merah citra SPOT 7 menghasilkan ketelitian yang ditunjukkan pada Tabel 3-4.

Tabel 3-3: HASIL KETELITIAN KEDALAMAN ABSOLUT *band* HIJAU CITRA SPOT 7 (2017)

Data Kedalaman (meter)	Jumlah Data	Ordo			Exclude	Ketelitian (meter)
		Spesia 1	1A/1B	2		
0 - 1	69	21	22	14	12	0,82
1,1 - 2	55	4	18	21	10	0,81
2,1 - 6	170	21	22	47	80	1,41
6,1 - 10	85	2	0	1	82	4,08
>10	108	0	0	0	108	9,82
Total Data	487					



Gambar 3-6: Distribusi Persentase Hasil Ketelitian *band* Hijau Citra SPOT 7

Tabel 3-4 menunjukkan bahwa ketelitian yang masuk dalam orde spesial terbesar terdapat pada interval kedalaman kurang dari 1 meter. Pada interval tersebut dari 68 sampel data yang digunakan diperoleh sebanyak 10 titik masuk dalam orde spesial, 22 titik masuk dalam orde 1A/1B, 22 titik masuk dalam orde 2 dan 14 titik yang tidak masuk dalam orde (*exclude*) dengan memiliki ketelitian 1,67 meter. Data sampel kedalaman *in situ* yang digunakan tersebut merupakan data kedalaman yang sudah terkoreksi pasang surut.

Hasil kedalaman dengan metode Benny Dawson dengan menggunakan *band* merah citra SPOT 7 pada kedalaman kurang dari 2 meter menghasilkan ketelitian pada orde yang ditentukan standar IHO S44 masih dominan bila dibandingkan dengan yang ada di luar orde atau *exclude*. Kedalaman lebih dari 2 meter metode Benny Dawson (1983) menggunakan *band* merah menghasilkan akurasi dengan kelas diluar orde yang sangat dominan. Ketelitian yang dihasilkan *band* merah bila lebih rendah dibandingkan dengan hasil *band* biru maupun hijau. Distribusi dinamisasi

ketelitian metode Benny Dawson (1983) dengan *band* biru dapat dilihat pada Gambar 3-7.

Distribusi hasil ekstraksi kedalaman metode Benny Dawson (1983) dengan menggunakan ketiga *band* citra SPOT 7 dengan kedalaman insitu ditunjukkan pada Gambar 3-8. Dari sampel data tersebut menunjukkan ekstraksi kedalaman absolut dari metode Benny Dawson (1983) masih cukup baik pada interval kedalaman kurang dari 5 meter. Hasil *band* biru dan *band* hijau terlihat lebih sesuai dengan kedalaman insitu pada interval kedalaman kurang dari 5 meter bila dibandingkan dengan *band* merah. Dari distribusi terlihat bahwa metode Benny Dawson (1983) cukup baik melakukan ekstraksi hingga kedalaman kurang dari 5 meter.

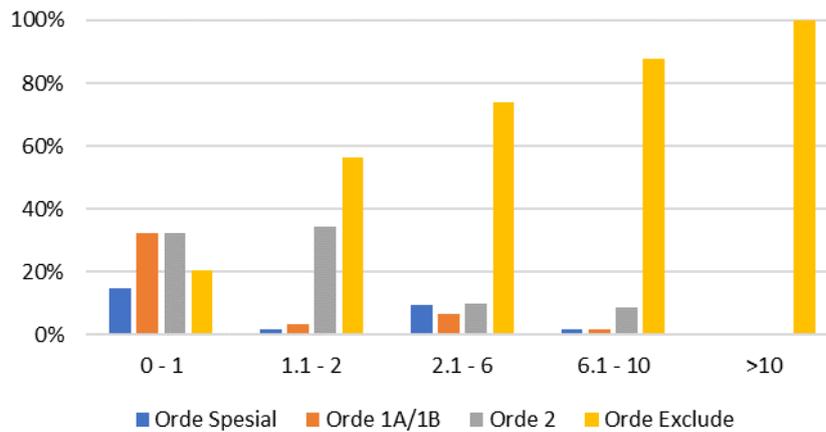
Hasil estimasi informasi batimetri dengan menggunakan metode Benny Dawson (1983) bila dibandingkan dengan informasi Peta Laut Nomor 83 yang telah dikeluarkan oleh Pushidrosal di Perairan Karimunjawa memiliki beberapa persamaan dan perbedaan (Gambar 3-9). Pada Gambar 3-9 ditunjukkan beberapa titik yang menghasilkan informasi yang

relatif sama antara hasil metode Benny Dawson (1983) dengan dengan Peta Laut Nomor 83 milik Pushidrosal yang ditunjukkan pada nomor 1, 2, 3 dan 4. Pada Gambar 3-9 juga ditunjukkan beberapa titik yang cukup berbeda antara hasil metode Benny Dawson (1983) dengan

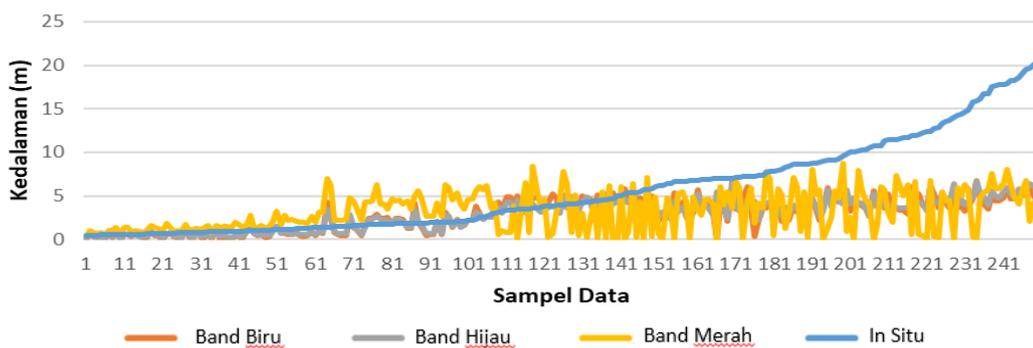
Peta Laut Nomor 83 milik Pushidrosal serta ketidakmampuan metode Benny Dawson (1983) dalam mendapatkan informasi kedalaman lebih dari 10 meter secara lebih detil yang ditunjukkan pada no 5, 6 dan 7.

TABEL 3-4: HASIL KETELITIAN KEDALAMAN ABSOLUT *band* MERAH CITRA SPOT 7 (2017)

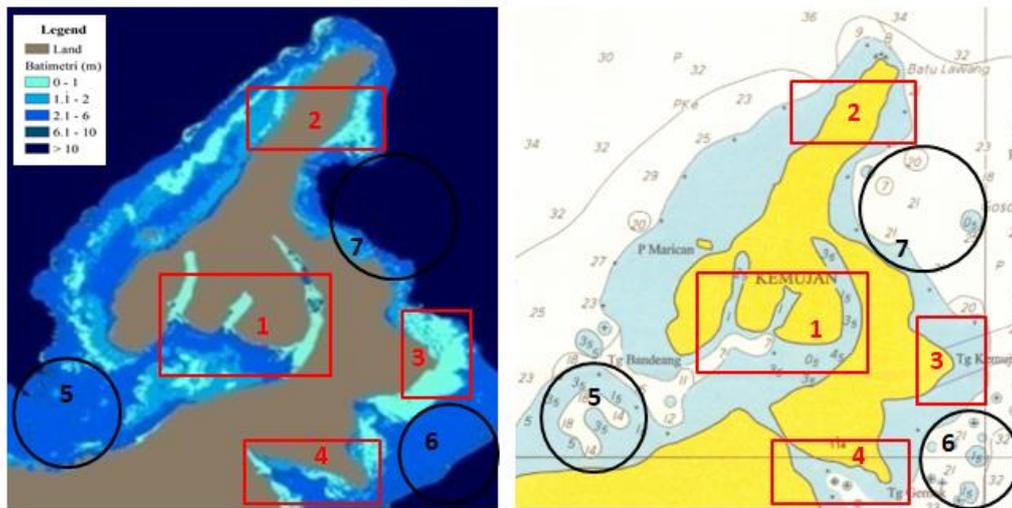
Data Kedalaman (meter)	Jumlah Data	Orde			Exclude	Ketelitian (meter)
		Spesial	1A/1B	2		
0 - 1	68	10	22	22	14	1,67
1,1 - 2	55	1	2	19	31	2,39
2,1 - 6	138	13	9	14	102	2,65
6,1 - 10	58	1	1	5	51	4,53
>10	55	0	0	0	55	10,88
Total Data	374					



Gambar 3-7: Distribusi Persentase Hasil Ketelitian *band* Merah Citra SPOT 7



Gambar 3-8: Distribusi Batimetri *band* Biru, *band* Hijau, *band* Merah dengan Kedalaman Insitu



Gambar 3-9: Perbandingan Hasil Model Semi-analitik (sebelah kiri) dengan Peta Laut No 83 Pushidrosal (sebelah kanan)

4 KESIMPULAN

Batimetri menggunakan citra satelit SPOT 7 yang diperoleh 18 Mei 2017 di perairan laut dangkal Pulau Karimunjawa Kabupaten Jepara Provinsi Jawa Tengah dengan algoritma Benny dan Dawson (1983) mampu menghasilkan kedalaman 0 - 11,45. meter yang dihasilkan dari *band* biru, kedalaman 0 - 10,49 meter untuk *band* hijau dan kedalaman 0 - 9,72 meter untuk *band* merah. Pengujian akurasi menunjukkan *band* hijau menghasilkan ketelitian yang terbaik dengan memiliki ketelitian 0,82 meter. Distribusi ekstraksi *band* hijau tersebut menunjukkan hasil yang cukup baik hingga pada kedalaman kurang dari 5 meter. Parameter *band* hijau dari Citra SPOT 7 yang digunakan adalah 0,3274 untuk L_d , 0,8932 untuk L_o , koefisien attenuasi sebesar 0,823 serta $\text{Cosec } E'$ 0,6311272. Orde spesial terbesar terdapat pada interval kedalaman kurang dari 1 meter dari 69 sampel data yang digunakan diperoleh sebanyak 21 titik masuk dalam orde spesial, 22 titik masuk dalam orde 1A/1B, 14 titik masuk dalam orde 2 dan 12 titik yang diluar orde (exclude).

Hasil pemodelan semi-analitik tersebut bila dibandingkan dengan peta laut No 83 milik Pushidrosal memiliki beberapa perbedaan walaupun ada beberapa titik yang memiliki hasil yang relatif sama dan hasil model juga belum mampu menghasilkan kedalaman lebih dari 10 meter secara lebih detil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Program Insentif Penelitian Sistem Inovasi Nasional (Insinas) 2019, bekerjasama antara Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi dan Pusat Aplikasi Penginderaan Jauh (PUSFATJA) LAPAN.

DAFTAR RUJUKAN

- Benny, A. H. dan Dawson, G. J. 1983. "Satellite Imagery as an Aid to Bathymetric Charting in the Red Sea," *Cartographic Journal, The*, 20(1), hal. 12.
- Butler, M.J.A, Mouchot C, Barote V, Blanc LC. 1988. *The Application of Remote Sensing Technology to Marine Fisheries. An Introductory Manual*. FAO Fisheries Technical Paper No.295. Rome: FAO.129 p.
- Danoedoro, P. 1996. *Pengolahan Citra Digital: Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada. 254 hlm. doi:10.1515/opar-2016-0018.
- Hartuti, M. & G. Winarso., 2017. *Extraction of satellite derived bathymetry information from Landsat 8 in Jakarta Bay*. Proceedings, Joint Convention Malang, HAGI – IAGI – IAFMI-IATMI
- Hell. B., Broman. B., Jakobsson. L., Jakobsson. M., Magnusson. A., &Wiberg. P. (2012). *The Use of Bathymetric Data in Society and*

- Science: A review from the Baltic Sea. *AMBIO* 41:138–150
- IHO, 2008. *IHO Standards for Hydrographic Surveys 5th Edition*, Special Publication No.44, Monaco. [7] International Hydrographic Organization, 2013. “*The IHO-ICO GEBCO Cook Book*”. IHO Publication B-11, IOC Manuals and Guides, 63.4.
- Julzarika, A., 2017. *Utilization of LAPAN Satellite (TUBSAT, A2, dan A3) in supporting Indonesia’s potensial as maritime center of the world*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 54012097
- Kanno, A., Y. Koibuchi, & M. Isobe., 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.
- Kemenko Bidang Kemaritiman dan Investasi. <https://maritim.go.id/>. Data rujukan wilayah kelautan Indonesia. 10 Agustus 2018. Jakarta.
- Lillesand T. M. dan R. W. Kiefer, 1987. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Second Edition. Canada.
- Lyzenga, David R. 1978. Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features. *Applied Optics*. 17: 379-383.
- Manessa, M.D.M.; A. Kanno; M. Sekine; M. Haidar; K. Yamamoto; T. Imai, & T. Higuchi., 2016. *Lyzenga multispectral Bathymetry Formula for Shallow Indonesian Coral Reef: evaluation and proposed generalized coefficient*. Journal of Geomatics and Planning, Vol. 3, pp117-126.
- Manessa M.D.M., Haidar. M., Hartuti.M., 2017. *Determination Of The Best Methodology For Bathymetry Mapping Using Spot 6 Imagery: A Study Of 12 Empirical Algorithms*. International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences Vol.14 No. 2 December 2017: 127 – 136. LAPAN. Indonesia.
- Nuha, M.U., Basith, A., Asriningrum, W., Winarso, G., Setiawan, K.T., 2019. Hubungan Konstanta Atenuasi dengan Konstituen Air pada Perairan Pelabuhan Karimunjawa. *Elipsoida* Vol 02 No. 01 Juni 2019. Jurnal Geodesi UNDIP.
- Setiawan, K.T., T. Osawa, & I W. Nuarsa., 2014. *Aplikasi Algoritma Van Hengel Dan Spitzer Untuk Ekstraksi Informasi Batimetri Menggunakan Data Landsat*. Seminar Nasional Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Setiawan, K.T., Manessa, M.D.M., Winarso, G., Anggraini, N., Giarrastowo, G., Asriningrum, W., Herianto., Rosid, S., Supardjo, A.H. 2019. Estimasi Batimetri Dari Data Spot 7 Studi Kasus Perairan Gili Matra Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Inderaja*. LAPAN
- Setiawan, K.T., Ginting, D.N.BR., Manessa, M.D.M., Surahman, Winarso, G., Anggraini, N., Basith, A., Asriningrum, W., Rosid, S., Supardjo, A.H. 2020. Bathymetry extraction of empirical models using SPOT 7 satellite imagery. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. doi:10.1088/1755-1315/500/1/012063
- Siregar, V. P., & M. B. Selamat., 2010. *Evaluasi Citra Quickbird untuk Pemetaan Batimetri Gobah dengan menggunakan Data Perum: Studi Kasus Gobah Karang Lebar dan Pulau Panggang*. Ilmu Kelautan Vol.1 Edisi Khusus:99-109.