

**PEMANFAATAN CITRA PLANET SCOPE UNTUK ESTIMASI BATIMETRI  
(STUDI KASUS DI PERAIRAN LAUT DANGKAL PULAU KARIMUN JAWA JEPARA  
JAWA TENGAH)**

*(Utilization Of Scope Planet Image For Batimetry Estimation)*

*(Case Studi In Shallow Sea Waters Of Karimunjawa Island, Jepara, Central Java)*

**Ahmad Hambali<sup>1</sup>, Agus Iwan Santoso<sup>2</sup>, Kuncoro Teguh S.<sup>3</sup>, Atriyon Julzarika<sup>3</sup>,  
Johar Setiyadi<sup>1</sup>, Endro Sigit K.<sup>1</sup>**

Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, Prodi Hidrografi<sup>1</sup>,

Dinas Pemetaan, Pushidrosal<sup>2</sup>

Peneliti Pada Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lapan<sup>3</sup>

E-mail: ahmadhambali365@gmail.com

**ABSTRAK**

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar didunia yang luas wilayahnya mencapai 6.400.000 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 108.000 km, Berdasarkan hal tersebut diatas peta laut Indonesia yang harus dituntut selalu diperbaharui. Tetapi pada kenyataan yang terjadi tidak berjalan secara optimal, mengingat luas wilayah laut indoneisa lebih luas 2/3 dari luas wilayah Indonesia. Seiring dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat, peran teknologi penginderaan jauh saat ini adalah solusi yang diharapkan dapat menyajikan data dan informasi yang di butuhkan untuk pelaksanaan kegiatan survei dengan jangka waktu yang relative pendek dan biaya murah serta hasil yang optimal guna memperbaharui peta laut tersebut, Maka metode ravid survei merupakan suatu parameter yang dapat dilaksanakan dengan menggunakan metode Satellite Derived Bathymetry (SDB). Penelitian ini dilakukan dengan pemodelan batimetri secara empirik pada citra satelit Planet menggunakan algoritma Rasio Band diperairan Laut Dangkal Pulau Karimunjawa Jepara Jawa Tengah. Hasil analisa akurasi yang didapat berupa nilai Hasil koefisien determinasi nilai  $R^2=0,9052$  atau sebesar 90,52%, Hasil matriks konfusi akurasi dengan nilai akurasi sebesar 71% dengan jumlah data 210 data dan Hasil dari perhitungan TVU Pada rentang kedalaman 0-2 dengan ketelitian 0,56 meter dari 52 data yang digunakan menghasilkan 96% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman 2,1-5 dengan ketelitian 1,61 meter dari 55 data yang digunakan menghasilkan 46% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman 5,1-10 dengan ketelitian 3,09 meter dari 32 data yang digunakan menghasilkan 9% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman 10,1-20 dengan ketelitian 5,43 meter dari 31 data yang digunakan menghasilkan 3% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman >20 dengan ketelitian 4,96 meter dari 40 data yang digunakan menghasilkan 25% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO. Serta kedalaman maksimal hasil ekstraksi citra planet mencapai kedalaman >20 meter atau pada kedalaman 30,54 meter.

**Kata Kunci:** *Citra Planet, Estimasi Batimetri.*

## ABSTRACT

*Indonesia is the largest archipelagic state in the world with an area of 6,400,000 km<sup>2</sup> with a coastline length of 108,000 km. Based on this above, the marine chart of Indonesia must be demanded to be constantly updated. However, in reality what has happened is not running optimally, considering that the Indonesian sea area is more 2/3 of the total area of Indonesia. Along with the rapid development of technology, the role of remote sensing technology at this time is a solution that is expected to provide the data and information needed for carrying out survey activities with a relatively short period of time and low cost and optimal results to update the marine map. Rapid survey method is a parameter that can be implemented using the Satellite Derived Bathymetry (SDB) method. This research was conducted by empiric bathymetry modeling on Planet satellite imagery using the Band Ratio algorithm in the shallow waters of the Karimunjawa Island, Jepara, Central Java. The results of the accuracy analysis obtained are in the form of the results of the coefficient of determination value  $R^2 = 0.9052$  or equal to 90.52%, the results of the accuracy confusion matrix with an accuracy value of 71% with 210 data data and the results of TVU calculations in the depth range of 0-2 with accuracy of 0.56 meters from the 52 data used resulted in 96% of the data entered into the S-44 IHO standard criteria, a depth of 2.1-5 with an accuracy of 1.61 meters from the 55 data used resulted in 46% of the data entering the S-standard criteria 44 IHO, a depth of 5.1-10 with an accuracy of 3.09 meters from the 32 data used to produce 9% of the data entered into the S-44 IHO standard criteria, a depth of 10.1-20 with an accuracy of 5.43 meters from the 31 data used yielding 3% of the data entered into the standard criteria of S-44 IHO, depth > 20 with an accuracy of 4.96 meters from the 40 data used resulting in 25% of data entered into the standard criteria of S-44 IHO. As well as the maximum depth of the extraction of planetary images reaches a depth of > 20 meters or at a depth of 30.54 meters.*

**Keywords:** *Planetary Image, Bathymetric Estimation.*

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar didunia yang luas wilayahnya mencapai 6.400.000 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 108.000 km, Berdasarkan hal tersebut diatas peta laut Indonesia yang harus dituntut selalu diperbaharui (up to date).

Akan tetapi pada kenyataan yang terjadi tidak berjalan secara optimal, mengingat luas wilayah laut indoneisa lebih luas 2/3 dari luas wilayah Indonesia, sehingga sebagian peta laut Indonesia belum diperbaharui sampai dengan saat ini, karena dengan alasan anggaran yang ditujukan untuk kegiatan survei sangat terbatas dan tidak cukup

waktu untuk memperbaharui seluruh wilayah laut di Indonesia secara cepat (rapid survey), sehingga kebutuhan akan informasi wilayah laut dalam rangka pemanfaatan sumber daya alam yang belum sesuai harapan. (Ihlas. 2017).

Seiring dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat, peran teknologi penginderaan jauh (*Remote Sensing*) saat ini adalah salah satu cara atau metode yang diharapkan dapat memberikan solusi dalam penyajian data dan informasi yang di butuhkan untuk pelaksanaan kegiatan survei dengan jangka waktu yang relative pendek dan biaya murah serta hasil

yang optimal, keuntungan lain dari pemanfaatan teknologi penginderaan jauh adalah dapat menjangkau daerah yang sulit untuk dicapai dengan transportasi darat.

Saat ini metode pengukuran kedalaman laut banyak menggunakan metode akustik yang biasa disebut dengan pemeruman. Gelombang akustik sangat efektif digunakan pada penentuan kedalaman air laut, karena gelombang akustik merambat optimal pada medium air dibandingkan medium udara. (Arya, 2015). Proses yang dilaksanakan adalah dengan menggunakan alat yang disebut echosounder yang dipasang di sebuah wahana apung, akan tetapi dengan metode ini tidak ekonomis karena membutuhkan biaya yang cukup mahal.

Pelaksanaan untuk mendukung kegiatan survei dengan jangka waktu yang relative pendek dan biaya murah serta hasil yang optimal, guna memperbaharui peta laut tersebut, Maka metode rapid survei merupakan suatu parameter yang dapat dilaksanakan dengan menggunakan metode Satellite Derived Bathymetry (SDB).

Penelitian menggunakan citra satelit planet ini dapat membantu untuk memberikan data dan informasi terkait parameter-parameter yang di butuhkan dalam mendukung pelaksanaan rapid survei, dari permasalahan di atas maka dapat disimpulkan permasalahan yang diangkat adalah Berapa besar tingkat ketelitian dan keakurasian data kedalaman laut yang diekstraksi dari citra Planet diperairan Pulau Menjangan Karimunjawa, Serta berapa kedalaman maksimal hasil ekstraksi citra satelit planet diperairan Pulau Menjangan Karimunjawa dengan menggunakan metode rasio band.

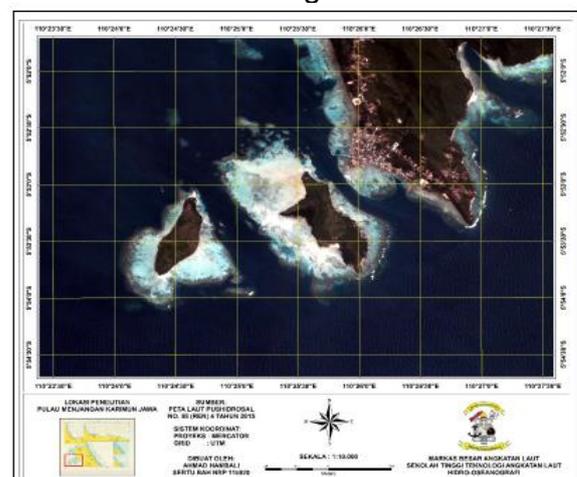
Tujuannya untuk menentukan kedalaman maksimal hasil ekstraksi

data citra satelit planet diperairan Pulau Menjangan Karimunjawa dengan menggunakan metode rasio band.

## 2. Bahan dan Metode

Tempat penelitian dilaksanakan di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dan Pusat Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh (Pusfatja) Jalan Kalisari Blok Hm. Tohir No. 8 Pekayon Kota Jakarta Timur. Serta Lokasi penelitian berada di Pulau Menjangan Perairan Laut Jawa, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Kemudian data yang digunakan dalam penelitian ini antarlain yaitu:

- 1) Data Survei Hidro-oseanografi karimunjawa periode 2018 yang sudah disurutkan.
- 2) Citra Satelit Planet karimunjawa periode 24 Agustus 2019.
- 3) Data prediksi Pasang surut Karimunjawa Tahun 2019 yang diproduksi oleh Pusat Hidro-Oseanografi TNI-AL.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Peralatan penelitian yang di gunakan dalam penulisan ini adalah perangkat keras dan perangkat lunak dimana perangkat tersebut di gunakan untuk melaksanakan proses pengolahan data citra dan data Insitu, Sehingga data tersebut dapat di sajikan

dalam bentuk informasi. Perangkat keras yang digunakan adalah Laptop dengan Sistem Operasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Windows 7. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : ER Mapper, Arc Gis 10.4, Microsoft Office 2016.

Secara umum muka surutan peta (*Chart Datum*) adalah kedudukan terhadap dimana hasil pemeruman disurutkan pada peta yang dipublikasikan, dan di atasnya diberikan prediksi (peramalan) dan kedudukan pasang surut. pada penelitian ini digunakan untuk melakukan koreksi nilai kedalaman (Rawi, 2018 dalam sumekta 2019).

Sebelum melaksanakan pengukuran kedalaman laut didapatkan dari transformasi citra (*image transformation*) pada citra planet dengan menggunakan algoritma rasio band, terlebih dahulu nilai hasil dari absolut citra di kurangi dengan nilai surutan (S) yang ditambahkan, yang dihasilkan dari perediksi pasang surut pada perairan daerah penelitian yang waktunya disesuaikan dengan waktu perekaman citra, jadi nilai yang ditambahkan adalah nilai surutan pada waktu perekaman citra.

Hal ini dilakukan karena nilai kedalaman data lapangan yang diplotkan pada citra merupakan nilai kedalaman yang berada pada peta laut, nilai kedalaman yang tercantum pada peta laut merupakan nilai kedalaman yang telah disurutkan (Santoso, 2008).

$$Z = \left( m_1 \frac{I_n(nR_W(\lambda_i))}{I_n(nR_W(\lambda_j))} - m_0 \right) - S$$

Dimana:

Z : Kedalaman.

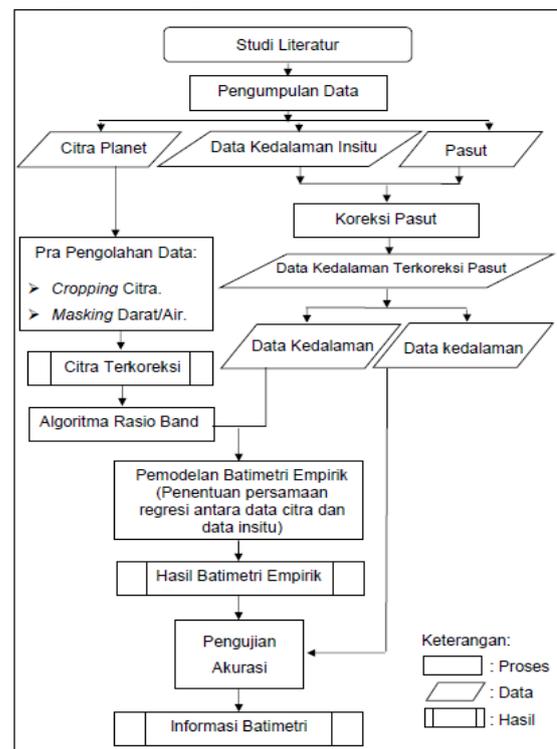
$nR_W(\lambda_i)$  : Nilai reflektansi dari band biru.

$nR_W(\lambda_j)$  : Nilai reflektansi dari band hijau.

$m_1$  dan  $m_0$  : Gain dan Ofset yang di tentuan dari persamaan regresi secara empirik.

S : Surutan.

Berikut adalah diagram alir penelitian yang digunakan sebagai pedoman alur pikir pelaksanaan penelitian dari tahap awal sampai dengan hasil penelitian.



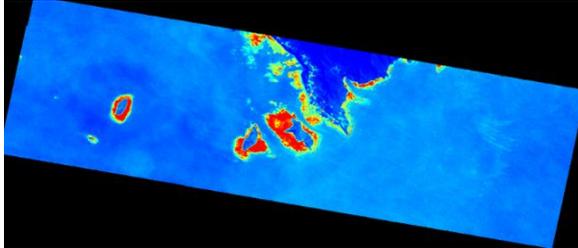
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perolehan data estimasi batimetri hasil ekstraksi dari citra planet yang dikembangkan Stumpf et all (2003) kemudian dimodifikasi oleh Santoso (2008) Pada metode ini diperlukan beberapa proses tahapan yang dilakukan untuk mengoptimalkan peroleh data estimasi batimetri.

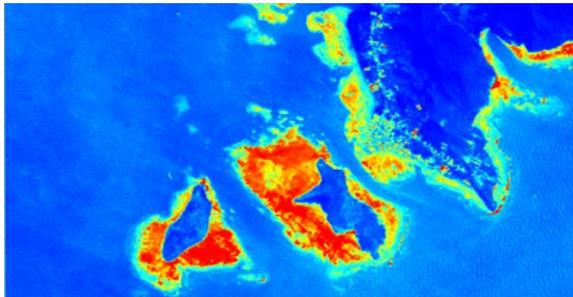
Penelitian ini menggunakan data citra planet yang sudah level orto rektifikasi artinya sudah tidak lagi melalui tahapan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik, sehingga bisa

langsung ketahapan selanjutnya. Yang diataranya adalah: Proses *Cropping* data citra, Proses *Masking* darat dan air, Menentukan kedalaman air absolut, Koreksi kedalaman air absolut dengan surutan, Uji akurasi ekstraksi kedalaman.



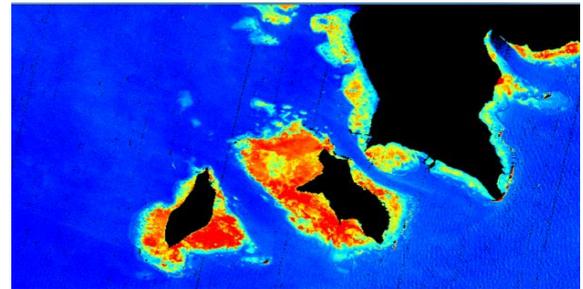
Gambar 3. Citra Planet Pulau Menjangan Karimunjawa.

Proses *Cropping* citra atau pemotongan citra dilakukan agar citra yang dihasilkan menjadi sistematis, Dan lebih memfokuskan pengolahan citra pada daerah yang dituju.



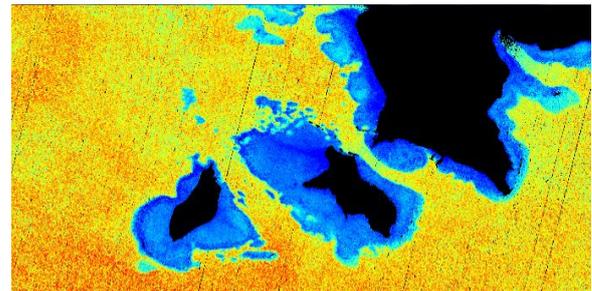
Gambar 4. Hasil *Cropping* Citra Menggunakan *Software* ER Mapper.

Proses *masking* citra dilakukan agar citra yang dihasilkan terpisah antara perairan dan daratan sehingga tahapan proses masking citra ini hanya difokuskan untuk mengekstraksi perairannya saja.



Gambar 5. Hasil *Masking* Menggunakan *Software* ER Mapper.

Proses pemodelan batimetri dengan menggunakan algoritma rasio band ini merupakan metode inti dari proses pengolahan untuk mendapatkan nilai kedalaman hasil dari ekstraksi citra planet. Metode ini termasuk kedalam metode pemodelan batimetri secara empirik karena dalam metode ini melibatkan data insitu sebagai data untuk menentukan nilai kedalaman citra hasil dari ekstraksi.



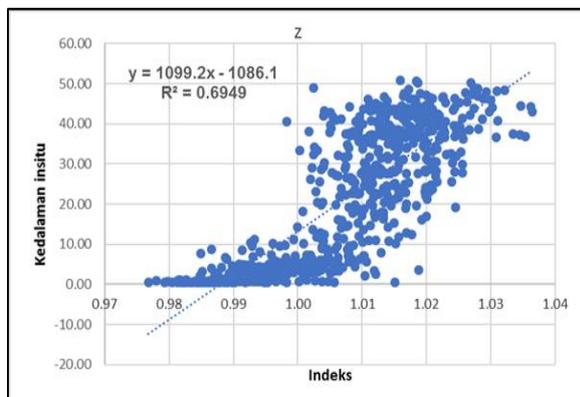
Gambar 6. Hasil dari rasio band (indeks).

Proses untuk pembentukan model ekstraksi kedalaman, Setelah mendapatkan nilai rasio (indeks), Pada tahapan ini membutuhkan sejumlah data kedalaman insitu untuk membentuk hubungan antara nilai kedalaman dengan nilai piksel citra. Model yang diperoleh digunakan untuk mengekstraksi nilai kedalaman dari keseluruhan cakupan citra.

Selanjutnya setelah data tersebut diekstraksi hasilnya menjadi data kalibrasi yang terdiri dari data kedalaman insitu dan data kedalaman indeks (rasio). Pada proses ekstraksi ini

berjtuhan agar data kedalaman indeks (rasio), berada pada posisi yang sama dengan data kedalaman insitu, sehingga data tersebut akan saling berpasangan antara 1 (satu) data kedalaman indeks (rasio) dengan 1 (satu) data kedalaman insitu diposisi yang saman. Dan data indeks (rasio) sudah berubah menjadi point.

Tahapan proses setelah mendapatkan data hasil dari ekstraksi tersebut, selanjutnya adalah membuat analisis regresi linier antara data kedalaman insitu dengan data kedalaman indeks (rasio) yang sudah menjadi point.



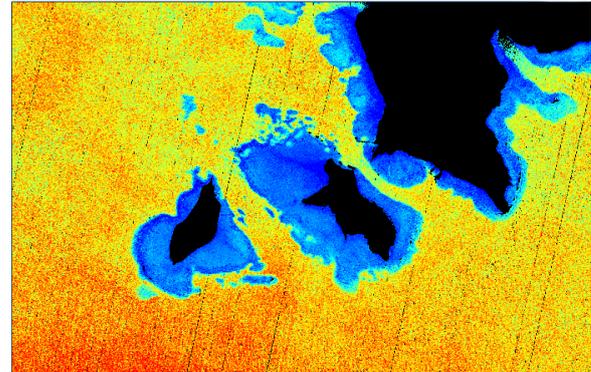
Gambar 7. Hasil Regresi linier antara kedalaman insitu dengan kedalaman indeks (rasio).

Langkah setelah mendapatkan nilai “m1” dan “m0”, selanjutnya adalah tahapan proses untuk mendapatkan nilai kedalaman absolut yang melibatkan nilai hasil dari “m1” dan “m0” yang diperoleh dari analisis regresi linier.

kemudian pada INPUT1 dimasukan nilai m1 dan m0 hasil dari regresi linier. Sebagai berikut  $1099.2x - 1086.1$  akan tetapi untuk X di ganti dengan i1 sebagai berikut “ $1099.2*i1 - 1086.1$ ”.

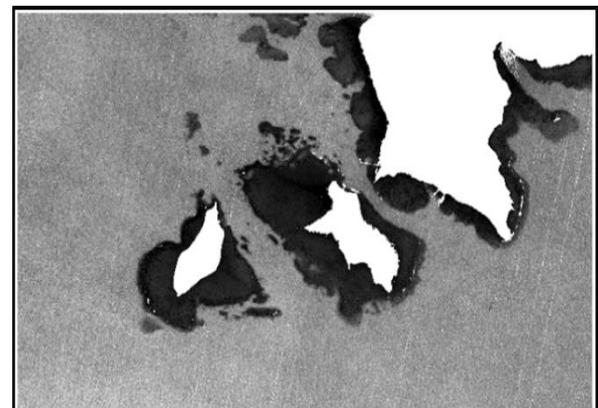
Tahapan proses setelah mendapatkan nilai “m1” dan “m0”, kemudian nilai tersebut digunakan untuk mentransformasikan seluruh nilai fiks

el citra kedalaman indeks menjadi nilai fiks el citra kedalaman absolut, data yang dihasilkan tersebut berupa data raster. pada tahapan ini adalah proses untuk pembentukan model ekstraksi kedalaman absolut pada citra planet.



Gambar 8. Hasil Kedalaman Absolut

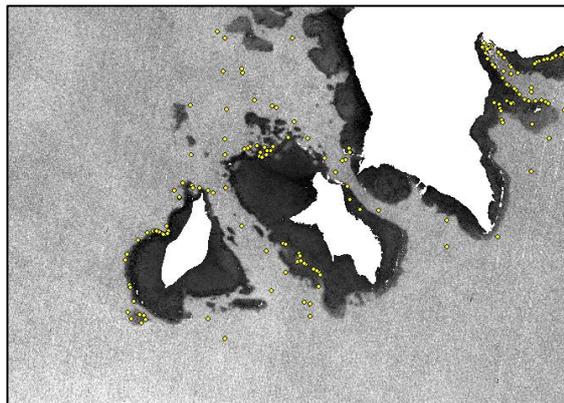
Kemudian data hasil dari ekstraksi kedalaman absolut tersebut dikurangi dengan nilai surutan yang waktunya disesuaikan dengan waktu pada saat perekaman citra, Tujuannya dikoreksi dengan data pasang surut agar nilainya sesuai dengan kedudukan muka air pada citra.



Gambar 9. Input Data Model Absolut Menggunakan *Software Arc Gis*.

Tahapan proses untuk menentukan nilai tingkat ketelitian atau tingkat akurasi antara data hasil dari ekstraksi kedalaman absolut yang sudah dusurutkan dengan data insitu (akurasi), sesuai dengan pemenuhan standart ketelitian IHO-S44, Data

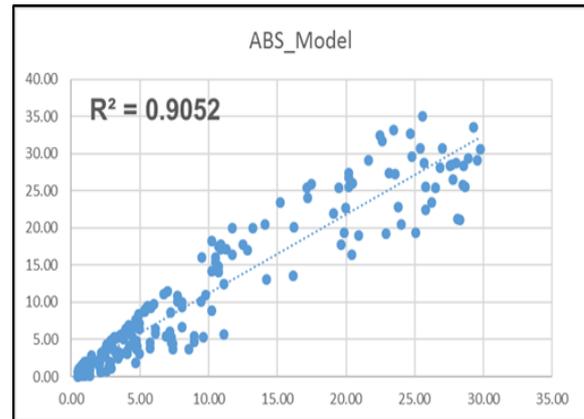
kedalaman absolut tersebut diperoleh dari hasil regresi linier antara data indeks (rasio) dengan data insitu (model), setelah mendapatkan nilai hasil dari ekstraksi kedalaman absolut dari citra satelit planet.



Gambar 10. Proses Pembentukan Akursi Model Ekstraksi Kedalaman Menggunakan *Software Arc Gis*.

Data kedalaman tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan kontur kedalaman menyesuaikan dengan skala peta yang akan di buat yaitu dari rentang kedalaman 0 sampai >20 meter, dibagi menjadi 5 kelompok kedalaman, yakni 0 sampai dengan 2 meter, 2,1 sampai dengan 5 meter, 5,1 sampai dengan 10 meter, 10,1 sampai dengan 20 meter, dan lebih dari 20 meter.

Kemudian dari data kedalaman absolut tersebut diketahui koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk mengetahui kualitas data tersebut. Semakin mendekati nilai 1 (satu) semakin bagus kualitas datanya.



Gambar 11. Koefisien Korelasi Kedalaman Absolut Dengan Data Insitu Akurasi.

Data kedalaman absolut tersebut digunakan untuk mengetahui akurasi atau ketepatan data dengan menggunakan matriks konfusi, Jumlah keseluruhan data yang digunakan dalam matriks konfusi adalah 210.

Tabel 1. Perhitungan Matriks Konfusi

	Kedalaman Absolut					Total
	0-2	2-5	5-10	10-20	>20	
0-2	49	3	0	0	0	52
2-5	9	28	18	0	0	55
5-10	0	7	17	8	0	32
10-20	0	0	2	19	10	31
>20	0	0	0	4	36	40
Total						210
Akurasi						0.71

Hasil nilai akurasi yang didapat dari data kedalaman absolut yang sudah diketahui, Selanjutnya mencari nilai ketelitian dan nilai persentasi yang didapatkan dengan menggunakan perhitungan TVU.

Tabel 2. Hasil Perhitungan TVU

DATA KEDALAMAN (meter)	Jumlah Data	Orde			Tidak Masuk	Ketelitian (meter)
		Spesial	1A/1B	2		
0 - 2	52	11	21	18	2	0.56
2.1 - 5	55	6	4	10	35	1.61
5.1 - 10	32	0	2	1	29	3.09
10.1 - 20	31	0	1	0	30	5.43
>20	40	2	2	6	30	4.96

Tabel 3. Persentasi Hasil Perhitungan TVU

DATA KEDALAMAN (meter)	Jumlah Data	Orde			Exclude (%)	Ketelitian (meter)
		Spesial (%)	1A/1B (%)	2 (%)		
0-2	52	21	40	35	4	0.56
2.1-5	55	11	7	18	64	1.61
5.1-10	32	0	6	3	91	3.09
10.1-20	31	0	3	0	97	5.43
>20	40	5	5	15	75	4.96

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil estimasi batimetri dari ekstraksi citra satelit planet dengan menggunakan algoritma rasio band sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

a. Hasil koefisien determinasi nilai  $R^2=0,9052$  atau sebesar 90,52%, Hasil matriks konfusi akurasi dengan nilai akurasi sebesar 71% dengan jumlah data 210 data dan Hasil dari perhitungan TVU pada rentang kedalaman 0-2 dengan ketelitian 0,56 meter dari 52 data yang digunakan menghasilkan 96% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman 2,1-5 dengan ketelitian 1,61 meter dari 55 data yang digunakan menghasilkan 46% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman 5,1-10 dengan ketelitian 3,09 meter dari 32 data yang digunakan menghasilkan 9% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman 10,1-20 dengan ketelitian 5,43 meter dari 31 data yang digunakan menghasilkan 3% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO, kedalaman >20 dengan ketelitian 4,96 meter dari 40 data yang digunakan menghasilkan 25% data masuk kedalam kriteria standar S-44 IHO.

b. Kedalaman maksimal hasil ekstraksi citra planet mencapai kedalaman >20 meter atau pada kedalaman 30,54 meter.

#### 5. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

a. Nilai kedalaman hasil dari ekstraksi menggunakan citra satelit planet dengan data insitu dapat dijadikan referensi awal untuk pembuatan peta laut, Khususnya untuk wilayah laut dangkal yang memiliki kedalaman kurang dari 30 meter.

b. Hasil dari penelitian ini dikhususkan hanya untuk lokasi perairan dangkal dengan keadaan air yang relatif jernih, wilayah penelitian yang dilaksanakan penulis yakni di daerah pulau menjangan karimun jawa profinsi jawa tengah, sedangkan untuk di daerah lain perlu dilaksanakan penelitian lebih lanjut.

#### 6. Daftar Pustaka

- Arya. (2015). Ekstraksi Kedalaman Laut Menggunakan Data SPOT-7 (di Teluk Belangbelang Mamuju). Tugas Akhir. Jakarta: STTAL.
- Bobsaid., M.W, Jaelani, L.M. (2017). Studi Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 dan Sentinel-2A (Studi Kasus: Perairan Pulau Poteran dan Gili Iyang, Madura).
- Hanityawan, D.S, Basith A, Harintaka, (2017). Evaluasi Ketelitian Penentuan Kedalaman Perairan Dangkal Menggunakan Citra Satelit Pleiades. (Online), (<http://etd.repository.ugm.ac.id/pelitian/detail/128238/> diakses 26/06/20).
- Ihlas, (2017). Akuisisi Data Batimetri Menggunakan Metode Satellite Derived Bathymetry (Sdb) (Studi Kasus Perairan Teluk Halong Kota Ambon). Tugas Akhir. Jakarta: STTAL.

- IHO Standards for Hydrographic Surveys (2008), 5th Edition, Special Publication No. 44, Monaco.
- Kurniawan, R. (2019). Pemilihan Lokasi Pantai Pendaratan Amfibi Dengan Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2a (Studi Kasus Pulau Selaru).
- Nugraha, A.Y. (2016). Pemetaan Batimetri di Perairan Dangkal Menggunakan Data Penginderaan Jauh SPOT-7 (Studi Kasus Lembar - Lombok). Skripsi. Jakarta: STTAL.
- 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). Tesis. Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sumekta, Y. (2019). Studi Penggunaan Citra Satelit Landsat-8 OLI Untuk Mengidentifikasi Kedangkalan (Imprecise Shoal Area) Guna Updating Peta Laut (Studi Kasus Kepulauan Raja Ampat, Kepulauan Balabalagan Dan Kepulauan Bagian Selatan Selat Makasar). Skripsi. Jakarta: STTAL.
- Suwargana, N. (2013). Resolusi Spasial, Temporal Dan Spektral Pada Citra Satelit Landsat, Spot Dan Ikonos.
- Stumpf, R.P, Holderied, K. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. (Online), ([https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4319/lo.2003.48.1\\_part\\_2.0547/](https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4319/lo.2003.48.1_part_2.0547/) diakses 28/06/2020).
- Pamungkas, R. (2019). Evaluasi Jalur Evakuasi Bencana Erupsi Gunung Merapi Dengan Menggunakan Metode Least Cost Pathanalysis Di Kecamatan Turi Kabupaten Sleman. ([http://eprints.ums.ac.id/24040/2/BAB\\_1.pdf/](http://eprints.ums.ac.id/24040/2/BAB_1.pdf/) diakses 18/11/2020).
- Pushidrosal. (2018). Data Kelautan Yang Menjadi Rujukan Nasional. (Online), (<https://www.pushidrosal.id/berita/5256/>, diakses 3/6/20).

