

---

## ANALISIS KEMAMPUAN CITRA SATELIT PLEIADES-1B DALAM MENGESTIMASI KEDALAMAN PERAIRAN GILI IYANG DENGAN MENERAPKAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED REGRESSION (GWR)*

Lalu Muhamad Jaelani<sup>1</sup>, Kristina Putri<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

<sup>1</sup>e-mail: <sup>1</sup>lmjaelani@geodesy.its.ac.id

### Abstrak

Untuk menyediakan sebuah peta batimetri yang dapat dipercaya, pada umumnya menggunakan echosounder dalam aktivitas survei bathimetri. Teknologi tersebut memerlukan biaya yang cukup besar dan pengolahan data yang rumit, terlebih lagi kendala akses kapal pada area perairan dangkal dan susah dijangkau. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, *Satellite Derived Bathymetry*, sebuah teknologi pemetaan yang memperoleh data bathimetri dari citra satelit multispektral resolusi tinggi diterapkan. Pada penelitian ini, data satelit Pleiades-1B digunakan untuk mengestimasi kedalaman melalui algoritma kedalaman Van Hengel & Spitzer dengan terlebih dahulu membangun *geographically weighted regression (GWR)* dan teknik interpolasi spasial *Inverse Distance Weighted*. Pada tahap pre-prosesing, diterapkan koreksi atmosfer 6SV. Hasil dari proses tersebut digunakan sebagai masukan dalam algoritma VHS untuk mengestimasi kedalaman relatif. Kedalaman absolut diperoleh dengan membangun GWR dari data insitu dan kedalaman relatif. Kedalaman absolut estimasi kemudian divalidasi menggunakan data insitu. Hasil validasi menunjukkan bahwa nilai NMAE yang diterima sebesar 27.49% dengan 2.46 RMSE. Berdasarkan statistik bias, dari 2.090 m batas toleransi, kedalaman absolut optimum yang dihasilkan data Pleiades-1B adalah pada rentang 6 – 16 m. Tingginya resolusi spasial dari Pleiades-1B serta penerapan GWR dan IDW didapatkan sebuah keuntungan besar dalam penyediaan informasi kedalaman khususnya pada kedalaman 6 – 16 m.

Kata kunci : GWR, IDW, Pleiades-1B, *Satellite Derived Bathymetry*, Batimetri perairan dangkal

### Abstract

*To provide a reliable bathymetric map, a bathymetric survey equipped with echosounder is usually performed. This technology requires large cost and complicated data processing as well as limited ship-access-problem at shallow and remote area. To solve this limitation, Satellite Derived Bathymetry, a depth mapping technology derives bathymetric data from high resolution multispectral satellite image was implemented. In this study, Pleiades-1B satellite data used for estimating the depth through Van Hengel & Spitzer depth algorithm by firstly constructing geographically weighted regression and Inverse Distance Weighted spatial interpolation technique. In pre-processing step, 6SV atmospheric correction image was performed. The output used as input of VHS algorithm to estimate relative depth. Absolute depth was obtained by building a GWR from insitu and relative depth. The estimated absolute depth then validated using insitu data. The validation result showed that the acceptable NMAE values was about 27.49% with 2.46 m RMSE. Based on the bias statistics, from 2.090 m of tolerance limit, the optimum absolute depth produced from Pleiades-1B data was in range of 6-16 m. The high spatial resolution of Pleiades-1B and the application of GWR and IDW provided a great opportunity in providing depth information especially on 6-16 m depth.*

Keywords : GWR, IDW, Pleiades-1B, *Satellite Derived Bathymetry*, Shallow water bathymetry

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki banyak pulau besar dan kecil yang tersebar di seluruh nusantara. Terdapat 16,056 pulau yang telah bernama dan berkoordinat masih bisa bertambah untuk waktu yang akan datang (BIG, 2017). Hal ini menjadi suatu keuntungan sekaligus tantangan tersendiri bagi pembangunan kemaritiman di Indonesia. Dalam menunjang terwujudnya keberhasilan pembangunan kemaritiman tersebut, diperlukan informasi-informasi yang berkaitan dengan kondisi dasar laut seperti peta kedalaman/batimetri suatu perairan. Beberapa peran peta batimetri adalah menunjang keamanan navigasi dan pelayaran, serta berperan dalam manajemen dan perencanaan pembangunan wilayah pesisir.

Pada umumnya pemetaan batimetri dilakukan dengan memanfaatkan teknologi berbasis gelombang akustik seperti *echosounder*. Teknologi tersebut dapat menghasilkan kedalaman yang akurat untuk air yang dalam tetapi metode tersebut sulit diterapkan di perairan dangkal (Sager, 1998). Selain itu, teknologi-teknologi tersebut memerlukan biaya yang besar serta pengolahan data yang rumit. Oleh karena itu, teknologi alternatif sangat dibutuhkan untuk menunjang ketersediaan informasi kedalaman secara efisien dan kontinyu, khususnya pada wilayah perairan dangkal. Anjuran penggunaan teknik penginderaan jauh termasuk pengukuran LIDAR udara dan penginderaan jauh optik untuk digunakan dalam pemetaan batimetri (Guenther, Thomas, & LaRocque, 1996).

Citra satelit dapat diubah menjadi sebuah informasi dasar laut yang bermanfaat dan dapat dipercaya dengan memanfaatkan beberapa algoritma matematis berdasarkan kombinasi kanal spektrum. Teknik ini disebut sebagai *Satellite-Derived Bathymetry* (SDB). SDB merupakan sebuah revolusi baru dalam bidang survei hidrografi (Said, Mahmud, & Hasan, 2017). Teknologi penginderaan jauh menjadi efektif mengingat teknologi ini memberikan informasi secara cepat dan mampu menjangkau area yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengukuran secara langsung, sehingga informasi mengenai kedalaman perairan dangkal dapat dipastikan

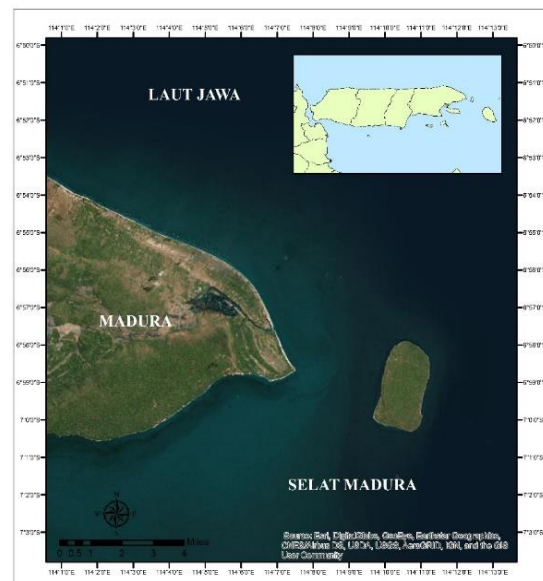
ketersediaannya. Salah satu teknologi penginderaan jauh optis yang dapat dimanfaatkan adalah citra satelit multispektral resolusi tinggi Pleiades-1B. Pleiades-1B memiliki resolusi spasial kanal pankromatik 0,5 m dan 2 m kanal multispektral.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap kemampuan citra satelit resolusi tinggi Pleiades-1B dalam mengestimasi kedalaman perairan dangkal dengan membangun *geographically weighted regression* (GWR) dan *Inverse Distance Weighted* (IDW).

## METODE

### Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi objek penelitian ini adalah daerah perairan Gili Iyang yang terletak antara 114,16° BT dan 6,96° LS sampai 114,19° BT dan 7,01° LS. Perairan Gili Iyang berada pada zona 50S yang secara administratif berada di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Perairan Gili Iyang, Jawa Timur

### Data dan Peralatan

#### - Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua data yang meliputi data kedalaman hasil pengukuran *insitu* perairan Gili Iyang, Jawa Timur bulan Oktober 2015 dengan acuan *LWL* (*Low Water Level*). Serta data citra satelit Pleiades-1B level *ortho* *DIM\_PHR1B\_MS\_201510060249066\_ORT\_241\_4239201-002* tanggal akuisisi 06 Oktober 2015.

- **Peralatan**

Sedangkan peralatan yang digunakan meliputi perangkat keras berupa Laptop serta perangkat lunak pengolah data yang terdiri dari ArcGIS 10.4 serta BEAM VISAT 5.0.

**Tahapan Pengolahan Data**

Tahap pengolahan data dari penelitian ini dijelaskan pada uraian berikut :

1. **Kalibrasi Radiometrik**  
Kalibrasi radiometrik ditujukan untuk mengubah nilai *digital number* (DN) yang merupakan format data bawaan dari citra satelit Pleiades-1B, menjadi nilai radian.
2. **Koreksi Atmosfer**  
Koreksi atmosfer yang diterapkan adalah koreksi atmosfer 6SV.
3. **Masking**  
*Masking* citra ditujukan untuk memisahkan objek perairan dengan abjek daratan. *Masking* citra dilakukan dengan memanfaatkan Rrs kanal merah (*red*) dan NIR menggunakan metode NDWI (*Normalized Difference Water Index*).
4. **Penerapan Algoritma Kedalaman**  
Citra yang telah terkoreksi atmosfer kemudian diterapkan algoritma kedalaman Van Hengel & Spitzer. Algoritma Van Hengel & Spitzer merupakan algoritma transformasi nilai citra satelit untuk menghasilkan nilai kedalaman relatif perairan dangkal (Hengel & Spitzer, 1991).

$$Y1 = [\cos(r) \cdot \sin(s) \cdot X2] + [\sin(r) \cdot \cos(s) \cdot X3] + [\sin(s) \cdot X4] \quad (1)$$

$$r = \arctan (Ur + \sqrt{Ur^2+1}) \quad (2)$$

$$s = \arctan (Us + \sqrt{Us^2+1}) \quad (3)$$

$$Ur = \frac{Var\ x3 + Var\ x2}{2\ Cov\ x2x3} \quad (4)$$

$$Us = \frac{Var\ x4 + Var\ x2}{2\ Cov\ x2x4} \quad (5)$$

Dimana  $Y_1$  adalah kedalaman relatif (indeks kedalaman),  $r$  dan  $s$  merupakan sudut rotasi,  $X_i$  dan  $Var\ x_i$  merupakan reflektan spektral dan varian dari kanal  $i$ , sedangkan  $Cov\ x_i x_j$  merupakan nilai kovarian dari kanal  $i$  dan  $j$ .

5. **Pemodelan GWR**  
Metode GWR digunakan untuk membentuk analisis regresi yang bersifat lokal (masing-

masing piksel). Dalam penelitian ini, GWR diterapkan untuk mengestimasi nilai kedalaman absolut perairan. Persamaan GWR ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$y_i = \beta_0 (u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k (u_i, v_i) x_{ik} + \epsilon_i \quad (6)$$

Sementara pembobotan dilakukan dengan menggunakan fungsi Kernel Gaussian seperti persamaan berikut:

$$w_{ij} = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{b} \right)^2 \right] \quad (7)$$

Dimana  $b$  merupakan *bandwidth* yang diperoleh dengan metode CV (*Cross Validation*). Nilai *bandwidth* optimum diperoleh ketika CV minimum (Fotheringham, Charlton, & Brundson, 2002).

6. **Interpolasi Parameter GWR**  
Interpolasi dilakukan terhadap parameter / koefisien GWR ( $\beta_0$  dan  $\beta_k$ ) dari titik-titik sampel untuk memperoleh koefisien GWR pada semua piksel citra Pleiades-1B. Metode interpolasi yang digunakan adalah *Inverse Distance Weighted (IDW)*.
7. **Uji Akurasi**  
Kedalaman absolut hasil estimasi kemudian dilakukan uji akurasi terhadap data pengamatan insitu.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

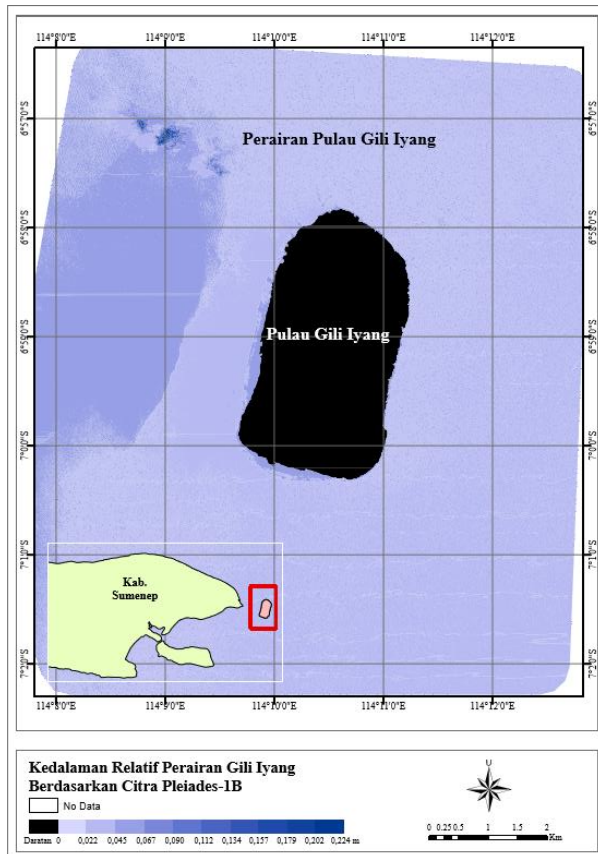
**Estimasi Kedalaman Relatif Citra**

Algoritma kedalaman (Van Hengel & Spitzer dan Rasio band) diaplikasikan pada citra Pleiades-1B yang telah terkoreksi atmosfer. Informasi yang dihasilkan algoritma VHS merupakan estimasi kedalaman relatif berdasarkan citra satelit Pleiades-1B. Adapun nilai parameter rotasi terhadap kedua hasil koreksi atmosfer sebagai berikut :

Parameter	Nilai
$Ur$	1,058
$r$	68,311°
$Us$	3,116
$s$	81,103°

Berikut adalah visualisasi estimasi kedalaman relatif yang dihasilkan oleh citra Pleiades-1B di Perairan Gili Iyang.

(6)



Gambar 2. Kedalaman Relatif Berdasarkan Algoritma VHS

Kedalaman relatif yang dihasilkan memiliki rentang nilai 0,013 – 0,022 m. Nilai tersebut bukanlah kedalaman perairan yang sebenarnya, melainkan merupakan kedalaman perairan berdasarkan citra Pleiades-1B. Untuk mendapatkan nilai kedalaman perairan yang sebenarnya, dilakukan pembentukan regresi antara data kedalaman relatif dengan data kedalaman insitu. Adapun model regresi yang digunakan adalah *geographically weighted regression (GWR)*.

### Pembentukan Model GWR

Model GWR dibangun dengan terlebih dahulu menentukan *bandwidth* optimum. *Bandwidth* optimum diperoleh dengan memilih nilai *Cross Validation (CV)* yang rendah. Berdasarkan proses ini, diperoleh nilai *bandwidth* optimum sebesar 0,008672. Nilai *bandwidth* tersebut digunakan untuk membentuk matriks pembobot dengan model *fixed kernel gaussian* seperti pada Persamaan 7. Dengan menggunakan model *fixed kernel gaussian* berarti nilai *bandwidth* pada semua titik pengamatan adalah sama. Model ini

dipilih mengingat jarak antar titik kedalaman, baik kedalaman insitu maupun kedalaman relatif adalah konsisten.

Parameter atau koefisien regresi dari metode GWR ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Koefisien Regresi

Titik	$\beta_k$	$\beta_0$	$R^2$	Titik	$\beta_k$	$\beta_0$	$R^2$
2	7,316	53,1514	0,004	175	12,370	63,517	0,007
6	8,728	41,4231	0,002	190	6,404	241,946	0,095
9	5,781	343,151	0,074	194	5,230	272,922	0,123
12	7,436	190,481	0,010	202	5,312	259,307	0,132
15	20,111	-817,34	0,099	210	7,170	193,984	0,094
17	-5,945	563,991	0,090	218	10,102	98,257	0,032
20	-16,158	1134,33	0,527	233	15,732	-47,540	0,016
22	-0,347	448,837	0,154	236	16,332	-92,495	0,047
24	9,355	18,6554	0,0004	249	10,982	64,869	0,006
26	14,288	-242,89	0,103	261	10,739	123,163	0,019
29	10,372	-198,02	0,135	271	11,161	101,838	0,019
32	7,294	-105,42	0,086	284	9,053	160,255	0,021
35	5,097	88,7602	0,036	292	20,137	-274,280	0,137
37	7,209	70,8992	0,016	302	19,410	-212,590	0,225
39	12,200	-121,08	0,048	308	24,531	-413,120	0,479
42	11,968	-77,889	0,022	314	28,373	-572,720	0,517
45	4,207	234,014	0,115	319	26,454	-502,850	0,241
48	-3,396	529,225	0,485	325	16,167	-120,040	0,009
52	-2,356	495,855	0,425	329	11,466	65,199	0,003
55	2,647	298,327	0,211	335	10,146	123,837	0,020
59	3,978	241,656	0,160	341	9,134	137,156	0,042
62	3,020	267,017	0,163	346	12,305	8,801	5,5E-05
65	2,296	289,351	0,151	351	23,154	-407,580	0,114
92	7,714	209,11	0,048	366	13,140	-136,130	0,018
103	7,909	310,04	0,121	411	13,976	-183,170	0,046
110	9,431	246,95	0,082	468	21,436	-402,860	0,187
123	11,170	164,695	0,076	472	30,087	-649	0,449
129	10,721	165,603	0,072	477	28,410	-554,610	0,535
133	10,546	140,614	0,050	482	23,144	-321,170	0,279
145	5,925	226,062	0,117	516	24,114	-358,440	0,356

### Estimasi Kedalaman Absolut Citra

Kedalaman absolut citra diperoleh dengan membangun regresi antara kedalaman insitu dengan kedalaman relatif. Kedalaman absolut sendiri merupakan kedalaman sebenarnya berdasarkan pengolahan citra satelit. Kedalaman absolut berdasarkan algoritma VHS diperoleh dengan membangun GWR. Parameter GWR ( $\beta_0$  dan  $\beta_k$ ) dari 60 titik sampel kemudian diinterpolasi dengan metode IDW untuk menghasilkan kedalaman absolut pada masing-masing piksel citra Pleiades-1B. Kedalaman absolut 60 titik sampel diurakan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kedalaman Absolut

Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)	Nama Sampel	Kedalaman Insitu (m)	Kedalaman Absolut (m)	Bias (m)
2	5,57	8,608	3,038	175	14,9	13,787	1,113
6	5,63	9,285	3,655	190	11,53	13,475	1,945
9	5,75	10,334	4,584	194	10,43	12,705	2,275
12	10,91	10,716	0,194	202	10,44	13,622	3,182
15	2,77	5,736	2,966	210	14,29	12,984	1,306
17	3,07	4,636	1,566	218	14,26	12,416	1,844
20	4,16	5,567	1,407	233	15,37	14,532	0,838
22	11,87	9,899	1,971	236	15,43	13,992	1,438
24	11,97	9,813	2,157	249	12,41	12,744	0,334
26	10,38	10,208	0,171	261	15,83	13,596	2,234
29	2,72	4,556	1,836	271	13,72	13,824	0,104
32	4,31	5,852	1,542	284	20,8	14,210	6,590
35	6,46	6,419	0,041	292	15,83	11,940	3,890
37	7,94	8,906	0,966	302	15,71	13,736	1,974
39	10,93	9,752	1,178	308	12,24	13,178	0,938
42	12,55	10,850	1,700	314	9,76	9,687	0,073
45	10,7	10,435	0,265	319	11,51	12,450	0,940
48	2,88	4,754	1,874	325	14,42	12,697	1,723
52	4,96	5,984	1,023	329	14,56	13,223	1,337
55	10,72	10,054	0,666	335	13,59	13,569	0,021
59	10,61	7,327	3,283	341	11,44	12,034	0,594
62	6,75	8,221	1,471	346	11,22	12,549	1,329
65	2,86	7,375	4,515	351	8,96	11,459	2,499
92	12,68	10,592	2,088	366	8,18	9,247	1,067
103	15,4	12,314	3,086	411	6,51	9,368	2,858
110	15,33	13,561	1,769	468	5,83	7,124	1,294
123	15,37	14,149	1,221	472	5,34	6,695	1,355
129	15,28	13,310	1,881	477	8,24	9,722	1,482
133	15,28	13,126	2,154	482	13,05	11,436	1,614
145	12,35	10,005	2,345	516	15,7	14,610	1,090

Kedalaman absolut yang dihasilkan memberikan nilai bias (selisih antara kedalaman absolut estimasi dengan kedalaman insitu) yang cukup besar. Rata-rata bias pada masing-masing titik adalah sebesar 1,760 m. Salah satu faktor yang menyebabkan besarnya nilai bias tersebut adalah rendahnya nilai korelasi antara dua variabel yang digunakan (Tabel 4). Yang kemudian berpengaruh terhadap parameter / koefisien regresi mpdel GWR yang dibentuk.

Tabel 4. Korelasi dan Koefisien Determinasi Kedalaman Absolut Berdasarkan Algoritma VHS

	Nilai
R <sup>2</sup> Minimum	0,00005
R <sup>2</sup> Maksimum	0,535
R <sup>2</sup> Rata-rata	0,132

### Uji Akurasi Kedalaman Absolut

Uji akurasi dimaksudkan untuk mengetahui sesuai atau tidaknya metode yang digunakan dalam mengestimasi kedalaman absolut. Atau dengan kata lain, uji akurasi digunakan untuk mengetahui

seberapa benar hasil estimasi terhadap data lapangan. Uji akurasi pada penelitian ini menggunakan dua metode, yakni NMAE dan RMSE, keduanya dikombinasi untuk mengetahui tingkat akurasi citra satelit Pleiades-1B dalam mengestimasi kedalaman perairan.

Tabel 5. Uji Akurasi

	NMAE	RMSE
Nilai	27,490 %	2,460

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa hasil informasi kedalaman memberikan nilai NMAE yang memenuhi syarat dan dapat diterima. Yakni sebesar 27,49 % dimana syarat minimum NMAE adalah  $\leq 30\%$  (Jaelani, Setiawan, & Matsushita, 2015) dan NMAE sebesar 2,46 meter. Sehingga dapat disimpulkan bahwa citra satelit Pleiades-1B memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam aktivitas pemetaan batimetri.

### Kedalaman Optimum

Berdasarkan hasil uji akurasi, didapatkan statistik bias yang ditampilkan pada Tabel 6 berikut.

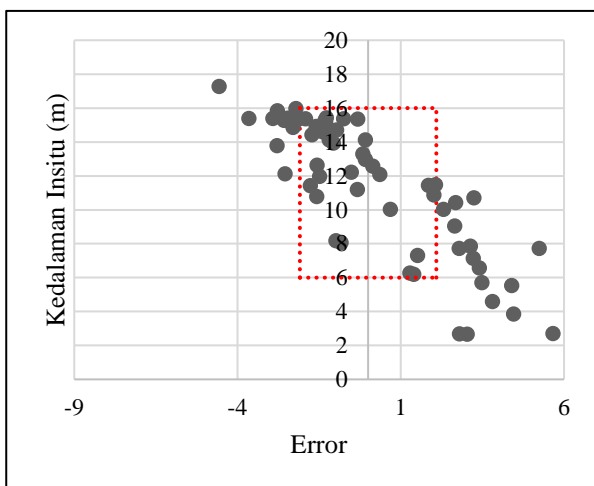
Tabel 6. Statistika Bias Kedalaman

	Nama Titik	Nilai Bias (m)	Kedalaman Insitu (m)
Minimum Bias	208	0,089	12,970
Maksimum Bias	18	5,659	2,700
Rata-rata Bias		2,090	

Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata bias yang terjadi pada masing-masing titik adalah sebesar 2,09 meter. Atas dasar tersebut diasumsikan bahwa kedalaman dengan bias kurang dari sama dengan 2,09 meter ( $\leq$  rata-rata) adalah masuk dalam toleransi kedalaman estimasi. Sementara titik kedalaman dengan bias lebih dari  $\pm 2,09$  meter dianggap tidak memenuhi toleransi. Grafik analisis sebaran bias 60 titik sampel ditampilkan pada Gambar 7.

Gambar 7 tersebut menjelaskan sebaran bias yang ditimbulkan oleh kedalaman absolut terhadap kedalaman insitu. Sumbu Y merupakan nilai kedalaman insitu yang memisahkan sumbu X menjadi bagian negatif dan positif. Sumbu X dengan nilai negatif menunjukkan bahwa nilai kedalaman insitu lebih besar daripada nilai kedalaman absolut estimasi. Sebaliknya, sumbu X positif menunjukkan nilai insitu yang lebih kecil daripada nilai kedalaman absolut estimasi.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, kedalaman (insitu) di bawah 10 meter sebagian besar memiliki bias bernilai positif. Peristiwa ini mengindikasikan bahwa terjadi estimasi berlebih (*over estimated*) pada rentang kedalaman tersebut. Estimasi berlebih dapat disebabkan oleh gelombang elektromagnetik yang dipantulkan bukan hanya berasal dari perairan, melainkan juga dari dasar perairan (*seabed*). Mengingat nilai estimasi berlebih tersebut terjadi pada perairan dangkal 0 – 10 meter yang memungkinkan dasar perairan terlihat dari permukaan. Sehingga nilai reflektan yang diterima oleh sensor satelit memiliki nilai yang lebih besar dan berdampak pada informasi kedalaman yang dihasilkan (menjadi besar pula).



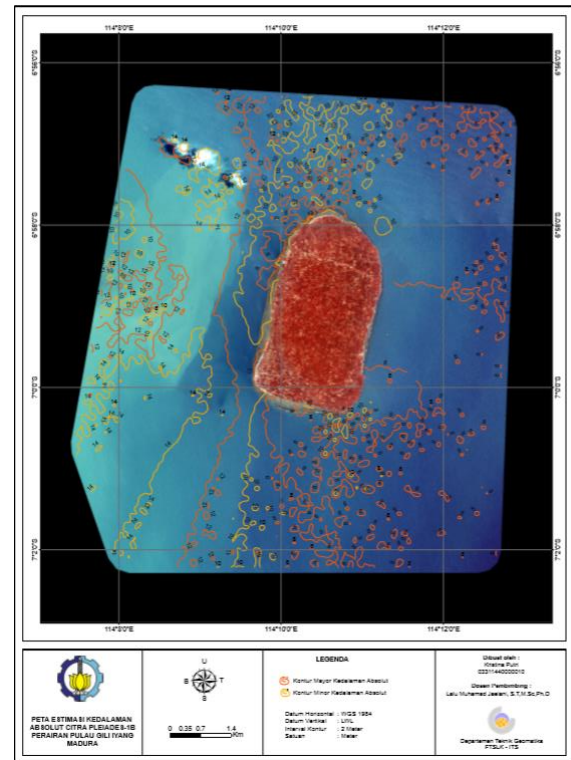
Gambar 7. Sebaran Bias Kedalaman Absolut

Berbeda dengan bias yang terjadi pada kedalaman (insitu) lebih dari 10 meter, bias yang dihasilkan sebagian besar bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan citra satelit dalam mengestimasi kedalaman perairan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Penurunan tersebut dapat terjadi akibat peristiwa penyerapan gelombang biru oleh perairan, sehingga informasi panjang gelombang yang dipantulkan menjadi melemah dan berdampak pada nilai kedalaman estimasi. Penyerapan terjadi akibat kejernihan air yang meningkat seiring dengan pertambahan kedalaman, akibat berkurangnya partikel-partikel yang bukan merupakan komposisi air sebenarnya (residu) seperti yang terjadi pada air permukaan.

Berdasarkan Gambar 7 juga dapat diketahui bahwa kedalaman optimum yang dapat diestimasi oleh citra Pleiades-1B dengan algoritma

VHS berada pada rentang kedalaman 6 – 16 meter. Rentang kedalaman optimum tersebut ditentukan berdasarkan batas toleransi kesalahan/bias yang diperbolehkan, yakni sebesar  $\pm 2,09$  meter.

Sebaran kedalaman optimum pada perairan Gili Iyang dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sebaran Kedalaman Optimum Berdasarkan Pleiades-1B

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis terhadap hasil penelitian ini sebagai berikut :

- Nilai korelasi antara kedalaman absolut berdasarkan citra Pleiades-1B dengan kedalaman insitu termasuk rendah, yakni sebesar 0,364. Sedangkan hasil uji akurasi estimasi kedalaman absolut menunjukkan nilai NMAE yang memenuhi syarat, yakni sebesar 27,49% dengan RMSE 2,46 m.
- Citra Pleiades-1B memberikan rentang kedalaman absolut terbaik pada rentang kedalaman 6 – 16 meter. Sementara kedalaman absolut lebih dari 16 meter dan kurang dari 6 meter tidak dapat diestimasi dengan baik oleh citra satelit Pleiades-1B.

Adapun saran untuk penelitian berikutnya adalah perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pemetaan kedalaman menggunakan data satelit Pleiades-1B dengan metode regresi GWR di perairan Gili Iyang, Jawa Timur khususnya untuk pemetaan kedalaman perairan kurang dari 5 meter.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Studi Kebumihan, Bencana dan Perubahan Iklim ITS (PSKBPI-ITS) atas dukungan data dan bimbingan selama penelitian ini berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- BIG. (2017). Jumlah Pulau Indonesia Sebanyak 16,056 Pulau Masih Bisa Bertambah Lagi. Diambil 5 Februari 2018, dari <http://www.big.go.id/berita-surta/show/jumlah-pulau-indonesia-sebanyak-16-056-pulau-masih-bisa-bertambah-lagi>
- Fotheringham, A. S., Charlton, M. E., & Brundson, C. (2002). Geographically Weighted Regression : The Analysis of Spatially Varying Relationships. New York: Wiley.
- Guenther, G. C., Thomas, R. W. L., & LaRocque, P. E. (1996). Design Considerations for Achieving High Accuracy with the SHOALS Bathymetry Lidar System. *SPIE : Laser Remote Sensing of Natural Waters, from Theory to Practice*, 26–37.
- Hengel, W. V., & Spitzer, D. (1991). Multi-temporal Water Depth Mapping by Means of Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 12(4), 703–712.
- Jaelani, L. M., Setiawan, F., & Matsushita, B. (2015). Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan Landsat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indoneisa*, (February), 464–470. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1391.9446>
- Sager, W. (1998). Measuring the Depth. Quarterdeck Online Winter 1998 / Spring 1999, 1998.
- Said, C. N. M., Mahmud, M. R., & Hasan, R. C. (2017). Satellite-Derived Bathymetry : Accuracy Assessment on Depths Derivation Algorithm for Shallow Water Area. *ResearchGate*, (October).