



## Uji Kualitas Data Pengukuran Batimetri *Singlebeam Echosounder* Berdasarkan SNI-7647 Tahun 2010 (Studi Kasus Survei Batimetri Menggunakan Hi-Target HD 370 di Laguna Pantai Glagah, Kulon Progo)

*(Quality Test of Singlebeam Echosounder Bathymetry Data Based on SNI-7647:2010 (Case Study Bathymetry Survey Using Hi-Target HD 370 in Glagah Beach Lagoon, Kulon Progo))*

Sarono<sup>1</sup>, Abdul Basith<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Magister Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

<sup>2</sup> Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

**Penulis Korespondensi:** Sarono | **Email:** sarono@mail.ugm.ac.id

Diterima (*Received*): 13/Oct/2021 Direvisi (*Revised*): 22/Apr/2022 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 10/May/2022

### ABSTRAK

Survei batimetri merupakan kegiatan penting dalam kajian hidrografi untuk mengetahui kedalaman suatu perairan. Metode pengukuran batimetri menggunakan prinsip hidroakustik yaitu memanfaatkan cepat rambat gelombang suara di dalam air. Instrumen untuk melakukan survei batimetri dikategorikan menjadi *singlebeam echosounder* dan *multibeam echosounder*. Seiring dengan perkembangan teknologi, semakin beragam pula jenis dan merk dari instrumen untuk melakukan survei dibidang hidrografi. Beberapa instrumen untuk pengukuran kedalaman perairan dengan prinsip hidroakustik telah banyak beredar di kalangan akademisi hingga profesional. Salah satu instrumen adalah Hi-Target HD 370 yang merupakan alat dengan kategori *singlebeam echosounder*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji analisis kualitas data dari survei batimetri menggunakan *singlebeam echosounder* Hi-Target HD 370 dengan standar SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu SNI 7646:2010 tentang Survei hidrografi menggunakan *singlebeam echosounder*. Pengujian pengambilan data batimetri dilakukan di Laguna Pantai Glagah, Kulonprogo, Yogyakarta. Hasil dari pengukuran menunjukkan kedalaman di lokasi kajian maksimal adalah 2,446 meter. Analisis uji kualitas data batimetri yang dilakukan diperoleh nilai dari standar deviasi instrumen ini adalah 0,008 hingga 0,283 meter dengan komposisi 90 % sampel memenuhi standar pengukuran *singlebeam echosounder* orde khusus. Berdasarkan hasil uji kelayakan yang dilakukan instrumen Hi-Target HD 370 layak untuk digunakan dalam batimetri orde khusus.

**Kata Kunci:** batimetri, *singlebeam echosounder*, uji kualitas, SNI 7646:2010, Laguna Pantai Glagah

### ABSTRACT

*Bathymetry survey is an important activity in hydrographic studies to determine the depth of a water. The bathymetry measurement method uses the hydroacoustic principle, which is to take advantage of the fast propagation of sound waves in the water. The instruments for carrying out the bathymetric survey were categorized into singlebeam echosounder and multibeam echosounder. Along with technological developments, the types and brands of instruments for conducting surveys in the hydrographic sector are increasingly diverse. Several instruments for measuring the depth of waters with hydroacoustic principles have been widely circulated among academics to professionals. One of the instruments is Hi-Target HD 370, which is a singlebeam echosounder category. This study aims to test the data quality analysis of the bathymetric survey using the singlebeam echosounder Hi-Target HD 370 with the SNI standard (Standart Nasional Indonesia), namely SNI 7646: 2010 concerning hydrographic surveys using singlebeam echosounder. The bathymetry data collection test was carried out at Glagah Beach Lagoon, Kulonprogo, Yogyakarta. The results of the measurement show that the maximum depth at the study location is 2.446 meters. Analysis of the bathymetric data quality test carried out shows that the standard deviation of this instrument is 0.008 to 0.283 meters with a composition of 90% of the sampel that meets the special order singlebeam echosounder measurement standards. Based on the results of the feasibility test conducted, the Hi-Target HD 370 instrument is suitable for use in special order bathymetry.*

**Keywords:** bathymetry, *singlebeam echosounder*, assesment, SNI 7646:2010, Pantai Glagah Lagoon

## 1. Pendahuluan

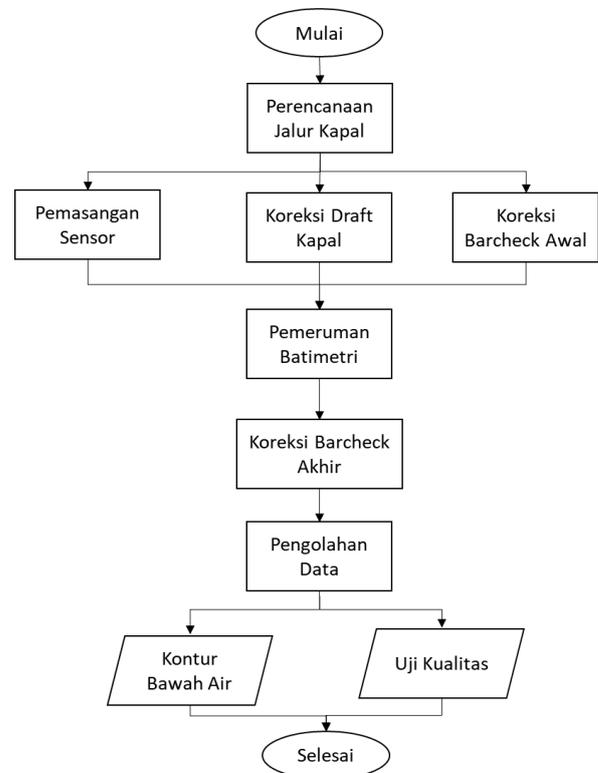
Batimetri merupakan salah satu informasi penting untuk diketahui dalam pengelolaan wilayah perairan. Batimetri memberikan informasi tentang kedalaman suatu perairan yang dituangkan dalam bentuk peta (Febrianto et al., 2016). Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi juga mendorong pengembangan pengukuran kedalaman perairan. Pada awalnya, pengukuran batimetri secara konvensional dilakukan dengan menggunakan batu duga (bandul pemberat), namun saat ini telah berkembang metode pengukuran hidrografi akustik (Wahida, 2017). Studi hidrografi dengan sistem akustik merupakan salah satu sistem yang menggunakan prinsip cepat rambat gelombang suara yang dapat digunakan untuk pengukuran kedalaman, arus, sedimen (Poerbandono, 2017; Poerbandono & Djunarsjah, 2005). Jika sistem tersebut dikombinasikan dengan sensor pengukuran posisi GNSS (*Global Navigation System Satellite*) maka dapat diperoleh nilai kedalaman dan posisi yang nantinya dapat dimanfaatkan menjadi beberapa analisis hidrografi yang lebih baik.

Instrumen pengukuran batimetri yang berkembang di dunia survey hidrografi dikategorikan dalam dua jenis yaitu *singlebeam echosounder* dan *multibeam echosounder*. Pembagian tersebut dibedakan berdasarkan jumlah sinyal yang ditembakkan transduser saat pemeruman (International Hydrographic Organization, 2008; Kautsar et al., 2013; US Army Corps of Engineers, 2013). Salah satu instrumen yang berkembang di pasaran adalah Hi-Target HD 370 yang termasuk dalam jenis *singlebeam echosounder*. Dengan harga yang relatif terjangkau instrumen ini mempunyai daya tarik tersendiri bagi akademisi maupun profesional dalam survei hidrografi terutama dalam batimetri kedalaman wilayah perairan. Namun tingkat kualitas data survei batimetri perlu mengacu dalam standar akurasi yang telah berlaku. Nilai akurasi data batimetri sangat penting diketahui karena standar akurasi akan berbeda-beda tergantung pada tujuan (US Army Corps of Engineers, 2013). Oleh karena itu penting dilakukan pengujian kualitas dari data yang dihasilkan oleh instrumen Hi-Target HD 370 dalam survey batimetri.

## 2. Data dan Metodologi

Lokasi penelitian berada di Laguna Pantai Glagah, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Laguna Pantai Glagah berada tepat di tenggara Bandara Internasional Yogyakarta, dan hanya berjarak  $\pm 75$  meter dari bibir Pantai Glagah. Alat yang digunakan adalah Hi-Target HD 370 *Singlebeam Echosounder* dengan dikombinasi GNSS Hi-Target V60. Pengambilan data dilakukan dengan diawali melakukan perencanaan jalur pemeruman, pemasangan sensor batimetri, *barcheck*, pengambilan data kedalaman sesuai dengan jalur,

pengolahan data hasil pengukuran dan analisis kualitas data yang dihasilkan. Adapun diagram alir dari penelitian ini disajikan pada Gambar 1 :



Gambar 1 Diagram Alir Survey Batimetri

### 2.1. Hidroakustik: *Singlebeam Echosounder*

Prinsip yang digunakan pada sistem hidrografi akustik dapat diterapkan untuk membuat pemodelan kedalaman dasar perairan. Representasi relief dasar laut akan tergambar dengan lebih baik dikarenakan gelombang akustik memiliki atenuasi jauh lebih kecil dibandingkan dengan gelombang elektromagnetik, sehingga cepat rambat yang dihasilkan memiliki jangkauan lebih jauh (Monaco & Prouzet, 2016). Selain prinsip ranging untuk pengukuran jarak, pemanfaatan sistem hidrografi akustik juga dapat digunakan sebagai media analisis material sedimen dasar perairan, jika pada prinsip pengukuran jarak digunakan waktu sebagai tolak ukurnya, pada identifikasi material sedimen dasar laut digunakan analisis fase atau perbedaan amplitudo yang diperoleh dari hasil pengukuran gelombang (Saputra et al., 2012). Sistem ini bekerja dengan menerima dua kali hamburan balik dimana hamburan pertama sebagai indikasi indeks kekasaran, dan hamburan kedua sebagai indikasi indeks kekerasan yang kemudian diplot dalam diagram kartesian XY untuk mengetahui karakteristik sedimen dasar perairan (Poerbandono, 2017).

Sistem akustik aktif pada penerapan hidrografi dapat dijumpai pada alat *singlebeam echosounder*. Alat ini bekerja dengan memancarkan sinyal beam tunggal gelombang ultrasonik dari transduser, dimana sinyal ini akan mengenai dasar perairan ataupun objek yang berada di dalam perairan tersebut. Sebagian sinyal akan di pantulkan kembali sebagai hamburan balik, dan sebagian lainnya akan di teruskan. Hamburan balik tersebut yang kemudian ditangkap oleh sensor receiver dan kemudian dilakukan analisis (Febrianto et al., 2016). Karakteristik gelombang seperti julat, panjang gelombang, bentuk sinyal, dan besarnya frekuensi yang dipancarkan oleh sensor memiliki pengaruh terhadap kemampuan penetrasi (Hamilton, 2001).

## 2.2. Koreksi Data Batimetri

Pemetaan batimetri tidak luput dari kesalahan sistematis yang mungkin terjadi saat proses pemeruman berlangsung. Oleh karena itu, perlu adanya koreksi diantaranya koreksi terhadap data pemeruman secara langsung yang berhubungan dengan perubahan tinggi muka air, sensor pengukuran dan berkaitan dengan kapal (International Hydrographic Organization, 2005) yang secara khusus koreksi *draft* kapal, koreksi *barcheck*, koreksi pasang surut, koreksi gerakan kapal. Penelitian ini dilakukan dengan koreksi *draft* kapal, *barcheck* dan gerakan kapal. Koreksi pasang surut tidak diterapkan dikarenakan daerah laguna yang diukur memiliki tinggi air yang sama selama pengukuran dan tidak terpengaruh oleh dinamika pasang surut air laut. Koreksi *draft* kapal di ukur dari pemasangan transduser diukur dari muka air dimana data ini akan ditambahkan secara otomatis oleh *software* saat pengambilan data.

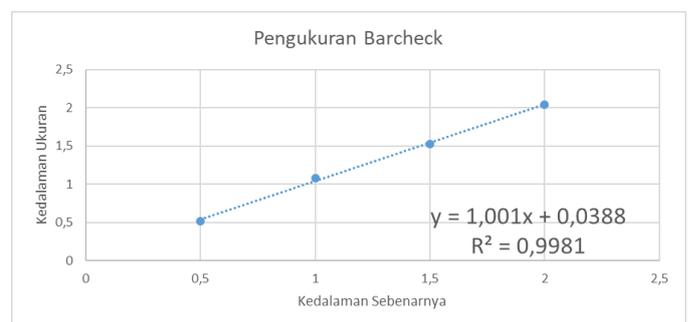
Koreksi yang diterapkan lainnya adalah koreksi *barcheck*. Cara kerja koreksi *barcheck* adalah melakukan perbandingan hasil pengukuran menggunakan *barcheck* yang diketahui kedalaman dibandingkan dengan hasil dari pengukuran menggunakan alat pemeruman, Nilai selesai menunjukkan nilai kesalahan alat, pemasangan transduser maupun kombinasi keduanya (Dewi et al., 2015). Pengukuran *barcheck* dilakukan pada saat proses pemeruman berlangsung. Dengan kata lain, survei *barcheck* dilaksanakan pada saat awal proses dan menjelang akhir proses pemeruman karena koreksi *barcheck* hanya dapat dilakukan pada kondisi kapal berhenti.

Tabel 1 Hasil Pengukuran *Barcheck*

Kedalaman sebenarnya (m)	Sebelum Pengukuran (m)		Setelah Pengukuran (m)		Rata-rata (m)	Simpanan (m)
	Turun	Naik	Turun	Naik		
0,5	0,53	0,52	0,49	0,53	0,518	-0,018
1	1,05	1,09	1,21	0,97	1,080	-0,080
1,5	1,49	1,57	1,55	1,49	1,525	-0,025
2	2,08	2,04	1,98	2,05	2,038	-0,037

Koreksi *barcheck* dilakukan di sekitaran dermaga dengan kedalaman terbaca adalah 2,23 meter sehingga dilakukan pengukuran *barcheck* setiap intercal 0,5 meter hingga kedalaman 2 meter. Berdasarkan nilai koreksi yang dilakukan dari pengukuran *barcheck* diperoleh nilai simpangan 0,018 hingga 0,08 meter, penyebab terdapat deviasi tersebut diantaranya adalah kondisi laguna yang merupakan tempat wisata yang dilalui banyak kapal wisatawan yang menimbulkan gelombang air dan mempersulit surveyor dalam memposisikan lempengan *barcheck*.

Hasil regresi linier menunjukkan nilai  $R^2$  0,9981 atau 99,81 % terdapat korelasi yang erat antara nilai kedalaman yang diketahui dengan hasil pengukuran alat yang digunakan, kesalahan yang ditimbulkan faktor lain hanya 0,19 % sehingga alat yang digunakan masih dalam kondisi yang baik (Gambar 2.2).



Gambar 2 Regresi Hasil Pengukuran *Barcheck*

Pengukuran kedalaman perairan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Alkan et al., 2006).

$$d = \left(\frac{1}{2} * v * t\right) + k + d_r \quad (1)$$

dimana,

$d$  = kedalaman dari permukaan air (m)

$v$  = kecepatan suara dalam kolom air (m/s)

$t$  = waktu sinyal dipancarkan – diterima (m/s)

$k$  = konstanta indeks sistem

$d_r$  = jarak permukaan air ke *transducer/draft* (m)

## 2.3. Uji Kualitas Data Batimetri

Uji kualitas merupakan salah satu yang penting dalam kegiatan survei batimetri untuk menentukan standar kebutuhan (International Hydrographic Organization, 2008). Pemetaan batimetri akan terdapat kesalahan sistematis yang perlu direduksi. Nilai kesalahan dapat diperoleh dari persilangan data batimetri yang terdapat pada persilangan jalur pemeruman (Poerbandono & Djunarsjah, 2005), dimana terdapat lokasi yang tumpang tindih jalur atau titik pengukuran berdekatan antara titik hasil jalur memanjang dan melintang. Metode ini pernah dilakukan baik untuk *singlebeam echosounder* (Kautsar et al., 2013) maupun *multibeam echosounder* (Wiratama et al., 2021). Nilai toleransi horisontal adalah kesalahan dari koordinat GNSS saat pengambilan data batimetri sedangkan akurasi vertikal merupakan nilai toleransi dari

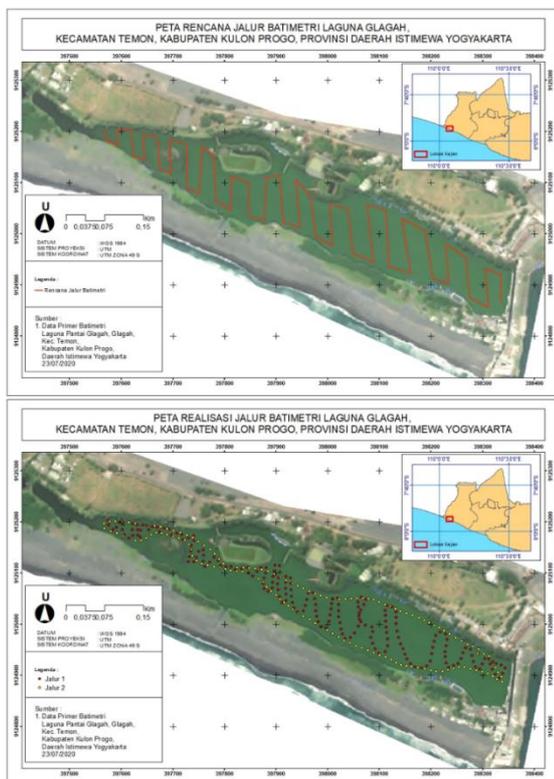
pembacaan sensor *echosounder* dilokasi yang terdapat di zona persilangan jalur pemeruman. Data hasil pengukuran batimetri menggunakan *singlebeam echosounder* dilakukan uji kualitas data dengan menggunakan standar SNI 7646:2010 tentang Survei hidrografi menggunakan *singlebeam echosounder* orde khusus (Badan Standardisasi Nasional, 2010). Adapun persamaan yang digunakan berdasarkan SNI 7646:2010 adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b * \bar{d})^2} \quad (1)$$

dimana  $\sigma$  merupakan besarnya nilai toleransi kesalahan, a merupakan kesalahan independen yang bernilai 0,25 m, b merupakan faktor kesalahan kedalaman dependen yang bernilai 0,0075 dan  $\bar{d}$  merupakan kedalaman rerata terukur pada titik tertentu. Nilai a dan b yang digunakan pada penelitian ini merupakan nilai acuan untuk pengukuran pada orde khusus.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pemeruman dilakukan dengan menggunakan dua lintasan dengan jarak antar lintasan utama sebesar 15 meter dimana dalam SNI 7646:2010 mengacu pada SP-44 yang dikeluarkan IHO diatur bahwa minimal adalah 1 cm jarak lajur utama dalam skala pemetaan maka *output* yang dapat dihasilkan dalam penelitian ini adalah skala 1:1.500. Selain itu penentuan jalur pemeruman ini juga memperhatikan kondisi bawah perairan berdasarkan wawancara dengan warga sekitar dan juga panjang kapal yang digunakan sehingga masih diharapkan masih mudah untuk bermanuver saat pengambilan data. .



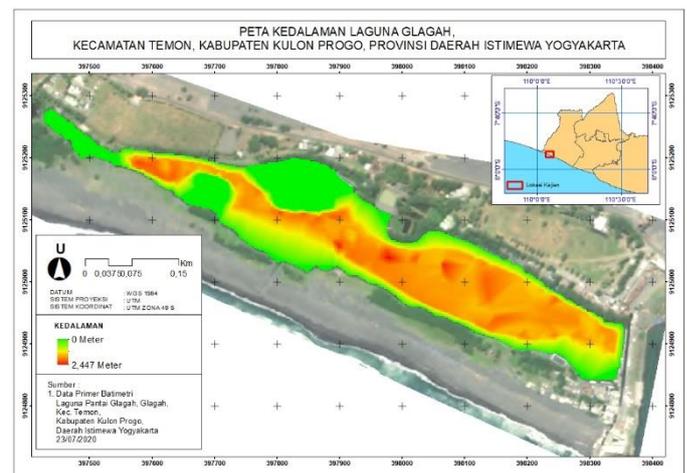
Gambar 3 Rencana Lintasan Pemeruman (atas) dan Lintasan Saat Survei Lapangan

Pemeruman pertama menggunakan lintasan berliku (zig-zag) dengan sapuan menyeluruh pada area kajian, serta pemeruman kedua dilakukan dengan lintasan mengelilingi area kajian mendekati bibir laguna dengan tujuan memperoleh titik yang overlap sebagai titik yang digunakan pengujian kualitas data. Namun pada saat dilakukan pengukuran di lapangan, pada sisi tepi laguna terjadi pendangkalan. Akibat proses pendangkalan ini, lintasan yang digunakan mengalami pergeseran sebesar 5 meter, terutama pada titik-titik lintasan yang berada di dekat bibir laguna selain itu banyaknya kapal wisata yang berlalu lalang menjadikan akuisi sulit mengikuti rute yang direncanakan (Gambar 3.1).

Luasan lokasi pemeruman Laguna Glagah mencapai 9,47 ha. Hasil pemeruman yang dilakukan diperoleh nilai kedalaman mencapai 2,447 meter. Analisis dilakukan dengan menampilkan data menjadi bentuk tiga dimensi untuk melihat kenampakan secara lebih realistis.

#### 3.1. Kedalaman Perairan

Hasil pemetaan batimetri *singlebeam echosounder* Hi-Target HD 370 yang dilakukan diperoleh kedalaman Laguna Pantai Glagah diketahui kedalaman maksimal adalah 2,447 meter dan berbentuk memanjang. Untuk menjadikan sebuah peta kedalaman perairan perlu dilakukan identifikasi batas perairan dan daratan, pada penelitian ini batas antara daratan dan perairan diperoleh dari interpretasi secara visual dengan digitasi *on screen* citra satelit *google earth*. Hasil visualisasi peta kedalaman Laguna Pantai Glagah pada Gambar 3.2 menunjukkan kedalaman yang hampir seragam pada area tengah dan terdapat zona yang memiliki cekungan-cekungan kecil terlihat lebih dalam sehingga menunjukkan kenampakan dasar laguna terlihat menggelombang atau tidak rata.

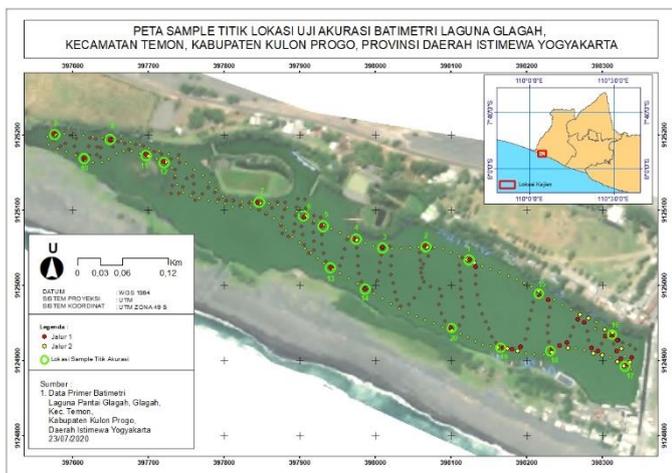


Gambar 4 Peta kedalaman Perairan Laguna Pantai Glagah Hasil Batimetri

#### 3.2. Uji Kualitas Data

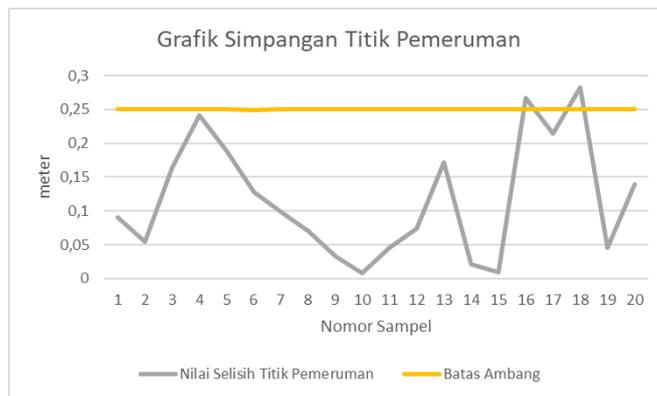
Hasil dari pemetaan batimetri yang diperoleh dilakukan pengujian kualitas sesuai dengan standar SNI 7646:2010 dengan cara membandingkan data yang *overlap* dari jalur *cross track* yang dilakukan selama pengambilan data, berdasarkan identifikasi titik kedalaman yang berdekatan dalam zona *cross track* terdapat 20 titik sampel yang

tersebar di area lokasi sebagai Tabel (3.1) dengan persebaran sampel pada Gambar 3.3. Data dilakukan uji kualitas dengan nilai  $a = 0,250$  dan  $b = 0,0075$  berdasarkan ketentuan yang ada dalam SNI 7646:2010 tentang standar pengukuran orde khusus.



Gambar 5 Persebaran Titik Uji di Area Cross Track

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diperoleh nilai selisih kedalaman yang overlap adalah 0,008 meter hingga 0,283 meter dan nilai toleransi dari yang dikehendaki berkisar  $\pm 0,2503$  meter hingga  $\pm 0,2505$  meter seperti yang terdapat pada tabel berikut (Tabel 3.1). Berdasarkan hasil tersebut semua uji kualitas menunjukkan mampu memenuhi kriteria sesuai dengan standar SNI pengukuran batimetri *singlebeam echosounder* orde khusus.



Gambar 6 Grafik Simpangan Titik Pemeruman Dengan Standar SNI 7646:2010 Orde Khusus

Hasil analisis uji kelayakan menunjukkan 2 sampel ditolak dan 20 sampel diterima atau memenuhi standar akurasi orde khusus. Adapun data yang tidak memenuhi standar orde khusus hanya melebihi 0,0167 meter dan 0,0327 meter. Hasil pengecekan lokasi sampel di Gambar 3.3, titik yang tidak memenuhi standar terlihat terletak pada zona ujung timur dimana merupakan lokasi kapal untuk berputar balik. Kondisi yang sempit dan dalam posisi memutar kapal mengakibatkan gerakan secara cepat pada kapal. Nilai simpangan tersebut sangat kecil yang artinya masih tidak melebihi jauh dari standar orde khusus terlihat pada Gambar 3.4. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan 90% sampel menunjukkan memenuhi kriteria orde khusus.

Tabel 2 Hasil Uji Kualitas Data Batimetri Berdasarkan SNI 7646:2010

No	ID_1	ID_2	Depth 1	Depth 2	Selisih	Depth (rerata)	Orde	a	b	b*d	$\sigma (+/-)$	Hasil
1	179	145	1,685	1,594	0,091	1,6395	Khusus	0,25	0,0075	0,0123	0,2503	Diterima
2	178	146	1,471	1,524	0,053	1,4975	Khusus	0,25	0,0075	0,01123	0,2503	Diterima
3	172	2	1,75	1,586	0,164	1,6680	Khusus	0,25	0,0075	0,01251	0,2503	Diterima
4	171	3	1,75	1,508	0,242	1,6290	Khusus	0,25	0,0075	0,01222	0,2503	Diterima
5	160	7	1,402	1,59	0,188	1,4960	Khusus	0,25	0,0075	0,01122	0,2503	Diterima
6	159	8	1,521	1,393	0,128	1,4570	Khusus	0,25	0,0075	0,01093	0,2502	Diterima
7	141	16	1,787	1,885	0,098	1,8360	Khusus	0,25	0,0075	0,01377	0,2504	Diterima
8	130	118	1,615	1,685	0,07	1,6500	Khusus	0,25	0,0075	0,01238	0,2503	Diterima
9	151	124	1,553	1,586	0,033	1,5695	Khusus	0,25	0,0075	0,01177	0,2503	Diterima
10	152	125	1,652	1,66	0,008	1,6560	Khusus	0,25	0,0075	0,01242	0,2503	Diterima
11	153	126	1,89	1,844	0,046	1,8670	Khusus	0,25	0,0075	0,014	0,2504	Diterima
12	166	130	1,668	1,594	0,074	1,6310	Khusus	0,25	0,0075	0,01223	0,2503	Diterima
13	167	131	1,763	1,935	0,172	1,8490	Khusus	0,25	0,0075	0,01387	0,2504	Diterima
14	168	132	1,549	1,57	0,021	1,5595	Khusus	0,25	0,0075	0,0117	0,2503	Diterima
15	175	135	1,753	1,767	0,014	1,7600	Khusus	0,25	0,0075	0,0132	0,2503	Diterima
16	176	136	1,537	1,804	0,267	1,6705	Khusus	0,25	0,0075	0,01253	0,2503	Ditolak
17	181	143	1,512	1,726	0,214	1,6190	Khusus	0,25	0,0075	0,01214	0,2503	Diterima
18	182	138	1,799	1,516	0,283	1,6575	Khusus	0,25	0,0075	0,01243	0,2503	Ditolak
19	183	139	1,693	1,648	0,045	1,6705	Khusus	0,25	0,0075	0,01253	0,2503	Diterima
20	184	141	1,746	1,607	0,139	1,6765	Khusus	0,25	0,0075	0,01257	0,2503	Diterima

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Pengukuran batimetri menggunakan instrumen Hi-Target HD 370 di Laguna Pantai Gelagah, Kulon Progo menghasilkan nilai kedalaman maksimum adalah 2,447 meter dengan simpangan baku maksimal 0,283 meter. Hasil uji kualitas data menggunakan SNI 7646:2010 terhadap data pengukuran batimetri dengan instrumen ini adalah layak digunakan dan memenuhi standar pada level order khusus.

Penulis menyarankan untuk dilakukan uji kualitas data untuk daerah yang lebih luas dan pada daerah yang memiliki nilai pasang surut yang fluktuatif dan kedalaman yang lebih dalam. Selain itu penulis menyarankan untuk melakukan uji kualitas selanjutnya dengan menggunakan GNSS yang terkoreksi base maupun CORS (*Continuously Operating Reference Stations*).

#### 5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini (*The authors declare no competing interest*).

#### 6. Referensi

- Alkan, R. M., Kalkan, Y., Aykut, N. O., & Turkiye. (2006). Sound Velocity Determination with Empirical Formulas & Bar Check. *Shaping the Change XXIII FIG Congress, January*, 1–14.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). *Survei Hidrografi Menggunakan Single Beam Echosounder*. BSN.
- Dewi, L. S., Ismanto, A., & Indrayanti, E. (2015). Pemetaan Batimetri Menggunakan Singlebeam Echosounder Di Perairan Lembar, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Oseanografi*, 4(1), 10–17.
- Febrianto, T., Hestirianoto, T., & Agus, S. B. (2016). Pemetaan Batimetri Di Perairan Dangkal Pulau Tunda, Serang, Banten Menggunakan Singlebeam Echosounder. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 6(2), 139–147.
- <https://doi.org/10.24319/jtpk.6.139-147>
- Hamilton, L. J. (2001). *Acoustic Seabed Classification Systems*. DSTO.
- International Hydrographic Organization. (2005). *Manual on Hydrography*. International Hydrographic Bureau.
- International Hydrographic Organization. (2008). Standards for Hydrographic Surveys. In *No. 44* (Issue 5). International Hydrographic Bureau.
- Kautsar, M. Al, Sasmito, B., & Hani'ah, I. (2013). Aplikasi Echosounder Hi-Target HD 370 untuk Pemeruman di Perairan Dangkal (Studi Kasus: Perairan Semarang). *Jurnal Geodesi UNDIP*, 2(Sistem Informasi Geografis), 240–252.
- Monaco, A., & Prouzet, P. (2016). Tools for Oceanography and Ecosystemic Modeling. In *Tools for Oceanography and Ecosystemic Modeling*. <https://doi.org/10.1002/9781119330226>
- Poerbandono. (2017). *Hydroacoustics Survey for Study of Seabed* (Issue September). Institut Teknologi Bandung.
- Poerbandono, & Djunarsjah, E. (2005). *Survei Hidrografi* (R. Herlina (ed.); I). PT Refika Aditama.
- Saputra, L., Awaluddin, M., & Sabri, L. (2012). Identifikasi Nilai Amplitudo Sedimen Dasar Laut pada Perairan Dangkal Menggunakan Multibeam Echosounder. *Jurnal Geodesi Undip*, 1(1), 80110.
- US Army Corps of Engineers. (2013). *Engineering and Design, Hydrographic Surveying*. Department of The ARMY U.S. Army Corps of Engineers.
- Wahida, R. Z. Al. (2017). Pemetaan Batimetri Kolam dan Alur Pelayaran di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. In *Occupational Medicine* (Vol. 53, Issue 4). Universitas Brawijaya.
- Wiratama, E. Y., Guruh, D., & Adi, A. P. (2021). Analisis Afektifitas Lajur Overlap dan Lajur Silang Sebagai Kontrol Kualitas Data Batimetri Multibeam Echosounder. *Jurnal Chart Datum*, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.37875/chartdatu m.v6i1.172>