

# PROSES PERHITUNGAN *SOUNDING TABLE* PADA KAPAL TUGBOAT 2 x 837 HP

Mhd Jasmin Jafar<sup>1</sup>, Mufti Fathonah Muvariz<sup>2</sup>, and Ihsan Saputra<sup>3</sup>

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Kontruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

E-mail: Jasminjafar11@gmail.com

## Abstrak

Proses kalibrasi tangki kapal memainkan peranan penting dalam pengelolaan muatan cairan untuk memastikan akurasi pengukuran *volume* cairan berdasarkan kedalaman *sounding*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses kalibrasi tangki pada kapal menggunakan pendekatan *interpolasi linear* dan *regresi polinomial*, serta menyusun tabel *sounding* yang lebih akurat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Stability* untuk memodelkan tangki kapal secara tiga dimensi. Hasil simulasi digunakan untuk menghitung *volume* cairan pada berbagai kondisi *trim* kapal. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data *sounding* awal, penghitungan interpolasi, dan *regresi polinomial* untuk memvalidasi *volume* pada kondisi *trim* yang berbeda (0.2 m dan 0.4 m). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode *interpolasi linear* menghasilkan *volume* akhir sebesar 25.63 m<sup>3</sup>, sementara *regresi polinomial* menghasilkan nilai sebesar 25.211 m<sup>3</sup>. Perbedaan hasil yang kecil antara kedua metode menunjukkan bahwa *regresi polinomial* memiliki keunggulan dalam memberikan estimasi yang lebih stabil pada variasi *trim* kapal. Tabel *sounding* yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional kapal, khususnya dalam proses pengukuran muatan cairan. Penelitian ini juga memberikan kontribusi signifikan dalam mengoptimalkan pengelolaan tangki kapal dengan pendekatan yang lebih sistematis dan berbasis teknologi, mendukung akurasi dalam pengambilan keputusan operasional di industri maritim.

**Kata kunci:** Kalibrasi tangki, *sounding*, interpolasi, *regresi polinomial*, *Maxsurf Modeler*.

## Abstract

*The ship tank calibration process plays an important role in liquid cargo management to ensure the accuracy of liquid volume measurements based on sounding depth. This study aims to analyze the tank calibration process on ships using linear interpolation and polynomial regression approaches and compile a more accurate sounding table. The research was conducted using Maxsurf Modeler and Maxsurf Stability software to model the ship's tank in three dimensions. The simulation results were used to calculate the liquid volume at various ship trim conditions. The research stages included initial sounding data collection, interpolation calculation, and polynomial regression to validate the volume at different trim conditions (0.2m and 0.4m). The calculation results showed that the linear interpolation method produced a final volume of 25,163 m<sup>3</sup>, while the polynomial regression produced a value of 25,211 m<sup>3</sup>. The small difference in results between the two methods indicates that polynomial regression has the advantage of providing a more stable estimate of the ship's trim variation. The sounding table generated from this research is expected to improve the operational efficiency of the ship, especially in the process of measuring liquid cargo. This research also makes a significant contribution in optimizing ship tank management with a more systematic and technology-based approach, supporting accuracy in operational decision-making in the maritime industry.*

**Keywords:** Tank calibration, *sounding*, interpolation, polynomial regression, *Maxsurf Modeler*

## 1. Pendahuluan

Kapal tugboat TB. BINTANG MJ 13 yang dibuat pada tahun 2023 di PT. Nongsa Buana Shipyard, memiliki peran penting dalam melayani kapal-kapal besar yang bersandar di pelabuhan. Tugboat berfungsi untuk membantu manuver kapal-kapal besar yang memiliki keterbatasan dalam hal manuver, seperti kapal kontainer dan kapal tanker. Dengan kemampuan manuver yang lebih baik, tugboat dapat mengarahkan dan menarik kapal besar ke tempat yang diinginkan dengan lebih efisien. Kapal ini dilengkapi dengan berbagai jenis tangki, termasuk tangki bahan bakar, air tawar, ballast, pelumas, dan limbah. Setiap tangki memiliki fungsi spesifik yang sangat penting untuk kelancaran operasional kapal. Misalnya, tangki bahan bakar berfungsi untuk menyimpan bahan bakar yang diperlukan untuk pengoperasian mesin kapal, sedangkan tangki ballast digunakan untuk menambah stabilitas kapal dengan mengatur distribusi berat. Pada kapal tug boat terdapat beberapa tangki yang berfungsi untuk menyimpan atau untuk bekal kebutuhan selama di perjalanan kapal terdapat banyak berbagai macam tangki. Secara umum nama tipe tangki di kapal ada tangki bahan bakar, tangki air tawar, tangki ballast, tangki pelumas, tangki limbah dan tangki untuk minyak oil kotor di kamar mesin. Dimana bahan-bahan tersebut sangat penting untuk kebutuhan kapal sehari-hari. Tangki-tangki di kapal harus memenuhi peraturan dari Biro Klasifikasi Indonesia.

Proses pengukuran ketinggian cairan dalam tangki, yang dikenal sebagai *sounding*, merupakan langkah krusial dalam manajemen muatan dan kestabilan kapal. *Sounding* dilakukan untuk menentukan jumlah cairan yang terdapat dalam tangki, yang kemudian dikonversi menjadi *volume*. Pengukuran ini sering dilakukan secara manual, yang dapat menyebabkan ketidakakuratan dan kesalahan manusia. Pengukuran manual menggunakan metode *sounding* sering kali kurang efisien dan rentan terhadap kesalahan. Diperlukan penerapan teknologi yang lebih akurat untuk meningkatkan pengelolaan tangki kapal. Kalibrasi tangki juga menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa alat ukur yang digunakan memberikan hasil yang akurat dan sesuai dengan desain tangki.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *interpolasi linear* dan *regresi polinomial* dalam menentukan *volume* cairan berdasarkan ketinggian permukaan tangki. Dengan membandingkan kedua metode ini, diharapkan dapat ditemukan metode yang lebih efisien dan akurat untuk perhitungan *volume* tangki kapal [1]

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan akurasi pengukuran tangki kapal, mendukung manajemen muatan yang lebih baik, serta memenuhi regulasi MARPOL terkait pengelolaan limbah cair. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan wawasan mengenai penerapan teknologi modern dalam pengelolaan tangki kapal, yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko kesalahan dalam pengukuran.

*Sounding* adalah untuk menentukan jumlahnya ketinggian cairan diukur dan hasilnya dikonversi menjadi yang tepat dalam ton dengan memperhitungkan *trim* kapal [2]. Proses ini memberikan informasi kritis kepada awak kapal atau petugas yang bertanggung jawab terkait dengan manajemen muatan dan kestabilan kapal. *Sounding* ini mungkin melibatkan penggunaan *sounding* tape atau *sounding* rod, yang merupakan alat pengukur yang diperuntukkan khusus untuk mengukur ketinggian cairan dalam tangki kapal. Setelah pengukuran dilakukan, hasilnya kemudian dirujuk ke dalam tabel yang sesuai untuk mendapatkan estimasi jumlah cairan dalam ton perhitungan *volume* cairan dalam tangki yang tidak bergerak di darat ditentukan oleh ketinggian cairan. Perhitungan jumlah cairan saat tangki penuh menjadi sangat sederhana [3].

Kalibrasi tangki merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya [4]. Kalibrasi tangki merupakan langkah pengukuran dimensi sesungguhnya dari tangki itu sendiri. Terdapat metode dalam melakukan kalibrasi tangki, salah satu metode kering. Kalibrasi tangki metode kering dilakukan setelah tangki dikosongkan, dengan pengambilan data secara langsung dari dalam tangki untuk mengukur dimensi fisik tangki seperti tinggi, diameter atau bentuk lainnya dengan kapasitas tangki secara langsung menggunakan alat ukur seperti meteran laser dan meteran biasa yang sesuai di dalam tangki. Ada beragam teknik yang tersedia dalam literatur untuk mengembangkan tabel kalibrasi tangki, termasuk metode *volumetric* [5].

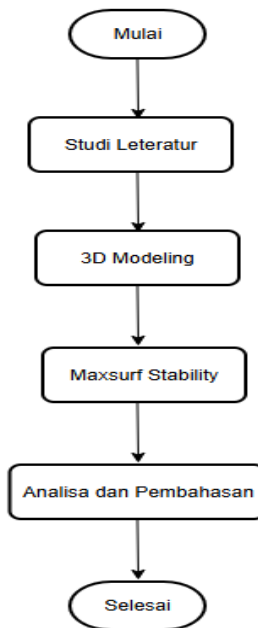
MARPOL (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) mengatur berbagai aspek untuk mencegah dan mengurangi polusi laut yang diakibatkan oleh kapal, termasuk pengelolaan limbah cair [6]. Kelebihan muatan atau pelepasan yang tidak terkendali dapat mencemari perairan dan merugikan lingkungan laut. Penting untuk mematuhi peraturan dan prosedur yang telah ditetapkan untuk menghindari pelanggaran MARPOL dan menjaga keberlanjutan lingkungan laut. Selain itu, penggunaan teknologi yang lebih canggih dan peralatan yang memenuhi standar dapat membantu meningkatkan akurasi pengukuran, bahkan dalam kondisi penerangan yang kurang memadai [7]. Pengukuran *sounding table* pada tugboat 2 x 837 HP umumnya dilakukan secara manual. Hal ini membutuhkan waktu dan tenaga ekstra, serta rentan terhadap kesalahan manusia. Batasan masalah penelitian ini diharapkan dapat memberikan keterangan tangki yang akan dibuatkan 1 tangki yaitu *fuel oil tank IP*. Landasan teori tangki Kapal adalah ruangan tertutup yang merupakan bagian dari konstruksi tetap kapal yang dipergunakan untuk menempatkan atau mengangkut cairan dalam bentuk curah dan tangki yang dipergunakan untuk memuat bahan cair beracun secara curah [8].

Trim: 0 m; Heel: 0 deg to starboard	Task Name	Dimensions	Height	% Full	Capacity	Capacity
		m	m		m <sup>3</sup>	tonne
1	HO 1 T.O.T (P)	5.242	0.002	100.000	25.117	23.224
2		4.240	0.002	99.928	25.696	24.267
3		4.220	0.012	99.831	25.622	24.195
4		4.220	0.022	99.705	25.546	24.123
5		4.210	0.032	99.556	25.469	24.050
6		4.200	0.042	99.389	25.393	23.978
7		4.190	0.052	99.142	25.316	23.906
8		4.180	0.062	98.948	25.240	23.834
9		4.175	0.067	98.650	25.203	23.799
10		4.172	0.071	97.900	25.177	23.774
11		4.170	0.072	97.949	25.164	23.762
12		4.160	0.082	97.552	25.087	23.690
13		4.150	0.092	97.258	25.011	23.618
14		4.140	0.102	96.960	24.935	23.546
15		4.130	0.112	96.663	24.859	23.474
16		4.120	0.122	96.367	24.783	23.402
17		4.110	0.132	96.071	24.706	23.330
18		4.100	0.142	95.775	24.630	23.258
19		4.090	0.152	95.479	24.554	23.187
20		4.080	0.162	95.183	24.478	23.115
21		4.070	0.172	94.887	24.402	23.043
22		4.060	0.182	94.592	24.326	22.971
23		4.050	0.192	94.296	24.250	22.899
24		4.040	0.202	94.001	24.174	22.828
25		4.030	0.212	93.705	24.098	22.756
26		4.020	0.222	93.410	24.022	22.684
27		4.010	0.232	93.115	23.946	22.612
28		4.000	0.242	92.820	23.870	22.541
29		3.990	0.252	92.525	23.794	22.469

Gambar 1 Tabel trim

## 2. Metodologi Penelitian

Dalam tugas akhir ini, metode yang diterapkan mencakup serangkaian penjelasan analisa, cara atau teknik pengambilan data, parameter-parameter yang diuji, ukuran specimen, spesifikasi peralatan uji, lokasi penelitian dan lain-lain yang disesuaikan dengan penelitian. analisa yaitu perhitungan *sounding table* pada kapal tugboat. Metodologi yang digunakan dalam penelitian di tunjukkan pada Gambar 2.



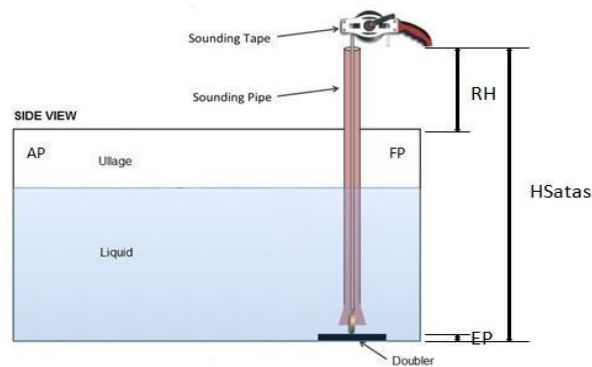
Gambar 2: Metode Penelitian

### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah tahap awal dalam suatu penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi dari berbagai sumber tertulis. Sumber-sumber tersebut dapat berupa buku, jurnal ilmiah, artikel. Data dikumpulkan dengan melakukan kalibrasi atau pengukuran dimensi tangki menggunakan metode kering. Proses ini dilakukan secara langsung pada tangki kapal yang akan diambil datanya. Kapal tugboat 2 x 837 HP merupakan kapal konstruksi hull. Untuk mendapatkan data ukuran tangki maka dilakukan kalibrasi tangki atau pengukuran tangki secara manual. Yaitu pengambilan data dengan kondisi tangki kosong. Tangki yang diambil datanya diantara lain *fuel oil tank*, Berikut adalah hasil dari kalibrasi tangki *fuel oil tank* pada kapal Tugboat 2 x 837 HP. Adapun data ukuran tangki yang akan dilakukan pengukuran *sounding tape* yang di ambil di lapangan tersebut:



Gambar 3 Sounding tape pada kapal tugboat yang di ambil dari lapangan



Gambar 4 Tampak samping tangki

1) *Reference Height (RH)*

*Reference height* adalah ketinggian dari *sounding pipe* yang tingginya melebihi dari *maindeck*. Diukur menggunakan meteran dengan pengukuran dari arah depan dan belakang.

2) *Height of Sounding Atas (Hsatas)*

*Height of sounding Atas* adalah ketinggian dari *sounding pipe* secara keseluruhan dari pangkal atas hingga menyentuh ke plat *doubler*. Diukur menggunakan *sounding tape*.

3) *End Plate (EP)*

*End Plate* adalah ketinggian dari plat *doubler* yang berada dibawah *sounding pipe*. Diukur menggunakan *welding gauge*.

4) *Height (H)*

*Height* adalah ketinggian tangki dari *bottom* hingga *top*. Diukur menggunakan *laser distance meter*.

## 2.2 3d Modeling

*3d modeling* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *maxsurf* yang akan digunakan *Maxsurf Modeler* ialah perangkat lunak yg bisa dipergunakan untuk melakukan *3d modeling body* kapal sesuai menggunakan desain yg diinginkan sampai bisa membentuk *linesplan* supaya mampu dikembangkan menjadi *general arrangement*. Dalam pengerjaan ini *Maxsurf Modeler* dipergunakan untuk melakukan *3d modeling body* berasal kapal tugboat 2 x 837 HP setelah pembuatan *body* kapal terbentuk, maka dilanjutkan dengan *3d modeling* tangki kapal pada aplikasi *maxsurf stability*.

### 2.3 Maxsurf Stability

Maxsurf Stability adalah aplikasi yang bisa digunakan untuk berbagai pengerjaan seperti damage Stability analysis, hydrostatic calculation, dan tank calibration. Dalam pengerjaan ini. Maxsurf Stability dipergunakan untuk 3d modeling tangki kapal yang telah diukur dan untuk mengeluarkan data kapasitas tangki. Setelah data pengukuran tangki sudah dimasukkan dan diubah menjadi model 3d tangki. Dilakukan running atau perhitungan oleh sistem komputer hingga menghasilkan data kapasitas tangki pada kemiringan trim tertentu.

## 3. Analisa dan Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan metode interpolasi linear dan polynomial regression untuk memperkirakan sounding table pada kapal tugboat.

### 3.1 Data volume tangki dari Maxsurf stability

Menganalisis atau menginterpretasikan data yang berkaitan dengan jumlah cairan yang terdapat dalam suatu kapal atau struktur terapung, yang selanjutnya digunakan untuk menganalisis ke stabilan kapal atau struktur tersebut.

Fuel Oil Tank 1 (P)										
Sounding	Capacity ( m <sup>3</sup> )									
	Trim									
	-0,5 m	0 m	Difference	0,2 m	0,4 m	0,6 m	0,8 m	1,0 m	1,2 m	1,5 m
				☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
4.242	25.717	25.717	-	25.717	25.717	25.717	25.717	25.717	25.717	25.717
4.240	25.693	25.698	0.019	25.666	25.630	25.593	25.556	25.519	25.482	25.427
4.230	25.658	25.622	0.076	25.592	25.562	25.530	25.496	25.460	25.425	25.370
4.220	25.608	25.545	0.077	25.516	25.486	25.456	25.426	25.394	25.360	25.308
4.210	25.543	25.469	0.076	25.439	25.409	25.379	25.350	25.320	25.290	25.241
4.200	25.467	25.393	0.076	25.363	25.333	25.303	25.273	25.244	25.214	25.203
4.190	25.391	25.316	0.077	25.286	25.257	25.227	25.203	25.203	25.203	25.177
4.180	25.315	25.240	0.076	25.210	25.203	25.203	25.197	25.177	25.177	25.169
4.170	25.177	25.164	0.076	25.134	25.104	25.074	25.044	25.015	24.985	24.940
4.160	25.162	25.087	0.077	25.058	25.028	24.998	24.968	24.939	24.909	24.864
4.150	25.086	25.011	0.076	24.981	24.952	24.922	24.892	24.862	24.833	24.788
4.140	25.009	24.935	0.076	24.905	24.875	24.846	24.816	24.786	24.756	24.712
4.130	24.933	24.859	0.076	24.829	24.799	24.769	24.740	24.710	24.680	24.636
4.120	24.857	24.783	0.076	24.753	24.723	24.693	24.664	24.634	24.604	24.560
4.110	24.781	24.706	0.077	24.677	24.647	24.617	24.588	24.558	24.528	24.484
4.100	24.705	24.630	0.076	24.601	24.571	24.541	24.511	24.482	24.452	24.408

Gambar 5 Data sounding table

### 3.2 Interpolasi linier memiliki persamaan garis lurus yang berbentuk seperti berikut:

Bentuk paling sederhana dari interpolasi linear adalah menghubungkan dua titik data pada garis data dengan garis lurus. Kemudian, titik-titik ini dapat diatur kembali untuk memenuhi formula interpolasi linear:

$$y_2 = \frac{(x_2 - x_1)(y_3 - y_1)}{(x_3 - x_1)} + y_1 \quad (1)$$

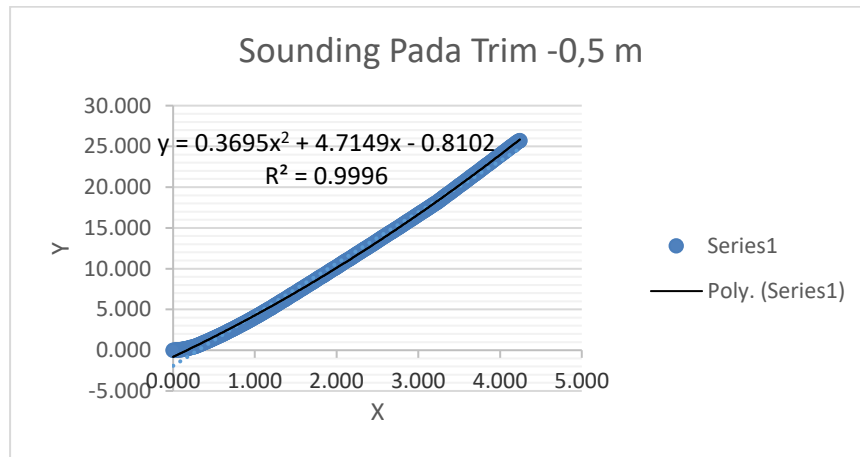
### 3.3 Polynomial Regression

Metode statistik dalam data mining adalah untuk mengidentifikasi hubungan antar variabel. Salah satu hasil dari penyesuaian modifikasi model regresi linier berganda adalah polynomial regression. Secara umum, Polynomial regression dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y = x^0 + x^1x + x^2x^2 + \dots + x_nx^n \quad (2)$$

### 3.4 Tahapan prediksi dengan Polynomial Regression

Terbagi menjadi dua tahapan pengujian data. Jumlah pernyataan yang dapat dibuat dalam penelitian ini adalah 9 data yang dapat di hasilkan polynomial regression. Setelah dilakukan training data, pengujian data dilakukan pengujian data untuk menentukan hasil prediksi. Hasil sehingga kurva prediksi adalah sebagai berikut:



Gambar 6: Hasil prediksi *polynomial regression*

Metode yang kita dapat gunakan untuk menemukan garis *polynomial* yang paling sesuai dengan kumpulan data yang ada diberikan. Langkah demi langkah berikut menunjukkan cara menggunakan, selanjutnya. Mengumpulkan data menggunakan metode kuadrat tsesuai dengan garis *polynomial* data ini, lalu menggunakan persamaan nilai x dan y lalu menggunakan memplot data bersamaan dengan garis *polynomial* yang di pasang selanjutnya memlili klik opsi pertama yang berjudul insert *scatter* (x,y) atau chart di grup charts, setelah grafik muncul, klik tanda plus “+” di sudut kanan atas. Di menu tarik-turun, klik kotak centang di sebelah garis tren untuk menambahkan garis *polynomial* yang sesuai ke bagan tersebut.

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara variabel x dan y pada kondisi *trim* -0.5 meter. Data aktual ditampilkan sebagai titik-titik biru (Seri 1) pada bagian *polynomial*, sementara garis hitam menunjukkan hasil pemodelan menggunakan persamaan polinomial kuadratik. Persamaan yang diperoleh.

Pada gambar diatas menunjukkan hasil estimasi, dan terlihat bahwa hasil prediksi sangat mirip dengan data uji dengan angka yang hampir sama, yaitu sekitar 25.000. Dari hasil pengujian akurasi yang diperoleh, pemodelan *Polynomial regression* menghasilkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.9996. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang mendekati 1 menunjukkan bahwa hubungan antara variabel independen (x) dan variabel dependen (y) sangat kuat.

Pada nilai *trim* yang lain persamaan polinomial dapat dilihat pada nomor berikut ini:

$$y = 0.3758x^2 + 4.679x - 0.8344 \text{ (Trim 0)} \quad (3)$$

$$y = 0.3782x^2 + 4.6649x - 0.8437 \text{ (Trim 0.2)} \quad (4)$$

$$y = 0.3807x^2 + 4.6503x - 0.8525 \text{ (Trim 0.4)} \quad (5)$$

$$y = 0.3834x^2 + 4.6351x - 0.8605 \text{ (Trim 0.6)} \quad (6)$$

$$y = 0.386x^2 + 4.6197x - 0.8683 \text{ (Trim 0.8)} \quad (7)$$

$$y = 0.3888x^2 + 4.6037x - 0.8753 \text{ (Trim 1)} \quad (8)$$

$$y = 0.3916x^2 + 4.5873x - 0.8819 \text{ (Trim 1.2)} \quad (9)$$

$$y = 0.3961x^2 + 4.562x - 0.891 \text{ (Trim 1.5)} \quad (10)$$

### 3.5 Pembahasan dari *interpolasi linear* dan *polynomial regression*.

Tabel 1 *Interpolasi linear* pada *trim* 0.2

4.170	25.134
4.175	$Y_2$
4.180	25.210

Pada *volume sounding table* 4.175 dengan *trim* 0.2

$$Y_2 = \frac{(4.175-4.170)(25.210 -25.134)}{(4.180-4.170)} + 25.134$$

$$Y_2 = \frac{(0.005)(0.076)}{(0.001)} + 25.134$$

$$Y_2 = 0.038 + 25.134$$

Pada *volume sounding table* 4.175 dengan *trim* 0.4

$$Y_2 = \frac{(4.175-4.170)(25.203 -25.104)}{(4.180-4.170)} + 25.104$$

$$Y_2 = \frac{(0.005)(0.099)}{(0.01)} + 25.104$$

$$Y_2 = 0.049 + 25.104$$

$$Y_2 = 25.153 \text{ m}$$

Pada *volume sounding table* pada *trim* 0.3

$$Y_2 = \frac{(0.3-0.2)(25.153 -25.172)}{(0.4-0.2)} + 25.172$$

$$Y_2 = \frac{(0.1)(-0.019)}{(0.2)} + 25.172$$

$$Y_2 = -0.0095 + 25.172$$

$$Y_2 = 25.163 \text{ m}$$

Perhitungan *volume final sounding table* dengan metode *interpolasi linier* dan *polynomial regresi* pada berbagai *trim*.

**Tabel 1**  
**Hasil perhitungan *sounding table***

<b>(VOLUME CALCULATION)</b>			(a)            (b)			
			<i>Trim</i> (m)			
			0.2 m	0.4 m		
<b>1</b>	<i>Volume at Sounding</i>	4.170 m	25.134	25.104		
<b>2</b>	<i>Volume at Sounding</i>	4.180 m	25.210	25.203	Polynomial	
<b>3</b>	<i>Difference</i>		0.076	0.099	0.2 m	0.4 m
<b>4</b>	<i>Volume at Sounding</i>	4.175 m	25.172	25.153	25.225	25.198
<b>5</b>	<i>Difference (b)-(a)</i>		-0.019		-0.027	
<b>6</b>	<i>Volume at trim</i>	0.3 m	25.163	25.211		
<b>7</b>	<i>Final volume sounding depth</i>	4.175 m	25.163	25.211		

\* interpolation

\* interpolation

1. Kolom (a) dan (b):

Menunjukkan perbedaan nilai *trim* kapal pada kondisi 0,2 m dan 0,4 m, yang mempengaruhi *volume* cairan di dalam tangki.

2. *Volume at Sounding*:

Merupakan hasil pengukuran awal *volume* cairan di dalam tangki menggunakan metode *sounding* manual. Data ini adalah estimasi awal sebelum dilakukan proses *interpolasi* atau *regresi*.

3. *Difference*:

Menunjukkan selisih antara hasil pengukuran awal dan hasil perhitungan interpolasi pada kondisi *trim* tertentu. Selisih ini digunakan untuk mengevaluasi akurasi metode pengukuran.

4. *Volume at Trim*:

Merupakan nilai *volume* yang diperoleh melalui metode *interpolasi* (baik *linear* maupun *polinomial*) untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih akurat berdasarkan kondisi *trim* kapal.

5. *Final Volume Sounding Depth*:

Menunjukkan hasil akhir dari perhitungan interpolasi yang memberikan estimasi *volume* cairan pada kedalaman *sounding* dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

6. Metode *Interpolasi* (ditandai dengan):

Data yang ditandai dengan tanda bintang (\*) diperoleh melalui metode interpolasi untuk menghasilkan estimasi yang lebih presisi terhadap nilai *volume* cairan di tangki kapal.

Perbandingan antara metode *interpolasi linear* dan *regresi polinomial* menunjukkan perbedaan hasil yang kecil, dengan *regresi polinomial* memberikan hasil yang lebih konsisten pada kondisi *trim* tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode memiliki tingkat akurasi yang baik dalam konteks pengukuran *volume* tangki kapal.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis mengenai metode *interpolasi linear* dan *regresi polinomial* untuk menghitung *volume* tangki pada kapal Tugboat 2 × 837 HP, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Keakuratan Metode Perhitungan

*Metode interpolasi linear* memberikan hasil perhitungan *volume* tangki yang cukup akurat, dengan nilai akhir sebesar 25,163 m<sup>3</sup> pada kondisi trim 0,3 m. Metode *regresi polinomial* menghasilkan estimasi *volume* yang lebih stabil dengan nilai akhir sebesar 25,211 m<sup>3</sup> pada kondisi trim yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa *regresi polinomial* lebih konsisten dalam memberikan estimasi pada berbagai kondisi trim.

2. Perbandingan Antara Metode

Perbedaan hasil antara *interpolasi linear* dan *regresi polinomial* sangat kecil, sehingga keduanya dapat

digunakan untuk menghitung *volume* tangki. Namun, *regresi polinomial* lebih unggul dalam memberikan hasil yang stabil pada kondisi trim yang bervariasi.

3. Kontribusi Penelitian

Penelitian ini menghasilkan tabel *sounding* yang lebih akurat, yang dapat membantu meningkatkan efisiensi operasional kapal. Penggunaan perangkat lunak *Maxsurf Modeler* dan *Maxsurf Stability* mempermudah proses kalibrasi tangki, memberikan pendekatan berbasis teknologi yang lebih akurat dan sistematis.

4. Manfaat Penelitian

Tabel *sounding* yang dihasilkan dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan operasional kapal, sehingga meminimalkan kesalahan manusia dalam pengukuran *volume* cairan. Penelitian ini juga mendukung penerapan regulasi MARPOL terkait pengelolaan limbah cair dan pengelolaan tangki yang lebih baik di industri maritim.

Kesimpulan ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengoptimalkan pengelolaan tangki kapal, khususnya dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi operasional.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] Malensang, J. S., Komalig, H., & Hatidja, D. (2012). Pengembangan model *regresi polinomial* berganda pada kasus data pemasaran. *Jurnal Ilmiah Sains*, 149-152.
- [2] Mahfud, A., Rahardja, I. B., & Amran, M. (2019). *Sounding* Automation Prototype in Storage Tank Model Based on Arduino Uno. *Journal of Applied Sciences and Advanced Technology*, 2(1), 13-16.
- [3] Ünal, O., & Akkaş, N. (2023). Smart *Sounding table* Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Journal of Marine Science and Technology*, 31(3), 8.
- [4] Sugianto, M. G. P. A., & Nugraha, A. T. (2022). Implementasi sensor cahaya sebagai level bahan bakar pada tangki harian kapal. *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, 3(1).
- [5] Aguilar-Mamani, J. J., & Villegas-Arroyo, Z. (2021, March). Model for optimization of error and uncertainty in the generation of calibration charts for horizontal storage tank. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1826, No. 1, p. 012080). IOP Publishing.
- [6] I. M. Organization, International Convention for the Safety Of Life at Sea, Adoption: 1973 (Convention), 1978 (1978 Protocol), 1997 (Protocol - Annex VI); Entry into force: 2 October 1983 (Annexes I and II).
- [7] Prayitno, P., & Hermawan, A. (2022). RANCANG BANGUN *SOUNDINGMETER FUEL OIL KAPAL PENANGKAP IKAN BERBASIS MIKROCONTROLLER ATMEGA328*. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(10), 2585-2590.
- [8] Liddin, B. A. F., & Pranatal, E. (2023). Analisis *Stability* Berdasarkan IMO Pada Kapal Crew Boat 40M. *JURAL RISET RUMPUN ILMU TEKNIK*, 2(2), 43-51.