

# Analisa Kecepatan dan Karakteristik Pola Gelombang pada Kapal Bantu Hidro-Oceanography

Meitha S<sup>1</sup>, Dian Purnamasari<sup>1</sup>

Diterima : 28 Oktober 2011; Di Revisi : 18 Nopember 2011; Disetujui : 25 Nopember 2011

## Abstrak

Kapal hidro-oceanography dituntut mampu melaksanakan operasi diberbagai medan perairan, oleh karena itu penting merumuskan technical requirement yang didasarkan pada pertimbangan teknis yaitu dengan mengkaji kecepatan, power dan karakteristik gelombang permukaan yang terjadi pada kapal bantu hidro-oceanography dengan menerapkan teknik numerik untuk menghitung kecepatan, power dan menganalisa gelombang. Metode yang dipilih untuk menghitung besarnya tahanan dan power dari beberapa variasi metode. Dari metode Holtrop diperoleh tabel input untuk hullspeed, tabel output untuk hullspeed pada rentang kecepatan 12-14 KNOTS. Dari tabel-tabel tersebut dapat kita analisis gelombang untuk kecepatan 12 KNOTS dan 14 KNOTS

**Kata kunci :** kecepatan, power, gelombang.

## Abstract

*Hydro-oceanography ship is supposed to be able to operate in various fields of water, therefore it is important to formulate technical requirements based on technical considerations namely by assessing the speed, power and Characteristics of waves surface that occur in ship auxiliary hydro-oceanography by applying numerical techniques to calculate the speed, power and analyzing waves. The method chosen to calculate the amount of resistance and power are determined by using varrious method. Holtrop method is considered to be suitable for this ship hull. Holtrop method derived from the input table to hullspeed, hullspeed output table for the speed range 12-14 knots. From these tables we can analyze the waves for 12 knots and 14 knots speed*

**Key words:** speed, power, wave.

---

## PENDAHULUAN

Kapal survey Hidro-oceanography berfungsi sebagai penyedia data Hidro-oceanography yang meliputi survey, pemetaan laut, penerapan lingkungan laut dan keselamatan navigasi pelayaran untuk kepentingan pertahanan pada susunan tempur pendukung maupun kepentingan umum.

Untuk keberhasilan pencapaian tugas kapal hidro-oceanography dituntut mampu melaksanakan operasi diberbagai medan perairan, oleh karena itu sangat penting merumuskan technical requirement yang didasarkan pada pertimbangan teknis yaitu dengan mengkaji kecepatan, power dan karakteristik gelombang permukaan yang terjadi pada kapal bantu

hidro-oceanography dengan menerapkan teknik numerik untuk menghitung kecepatan, power dan menganalisa gelombang.

Kajian analisis kecepatan vs. power untuk kapal BHO ini menggunakan program HULLSPEED yang juga merupakan bagian dari program MAXSURF (Manual Maxsurf Pro version 7.11, 2001). Proses perhitungan dilaksanakan pada saat muatan penuh dengan sarat DWL dan kecepatan divariasikan.

Analisis gelombang merupakan salah satu bagian analisis yang penting untuk memprediksi tingkat eksitasi gelombang yang terjadi kapal yang bergerak dengan kecepatan tertentu melewati laut yang bergelombang. Analisis gelombang yang terjadi di

---

1. UPT BPPH-BPPT, Surabaya

sekitar kapal BHO dihitung saat kapal bergerak dengan kecepatan cruise 12 KNOTS dengan kecepatan maksimum 14 KNOTS

### UKURAN UTAMA

Spesifikasi ukuran utama kapal BHO adalah

- Panjang LOA : 60.8173 Meter
- 2. Panjang LPP : 55 Meter
- 3. Lebar Bmld : 11.8 Meter
- 4. Sarat Tmld : 3.7 Meter
- 5. Tinggi Hmld : 6.0 Meter
- 6. Displasemen : 1300–1500 Ton
- 7. Kecepatan Cruise : 12 Knots
- 8. Kecepatan Max : 14 Knots
- 9. Kecepatan Cruise : 12 Knots
- 10. Main Engine : 2 x 1000 HP
- 11. Sea State : 3 (Skala Beaufort)
- 12. Lama Operasi : 15 Hari
- 13. Jarak Jelajah : 5000 NM
- 14. Jumlah ABK : 60 Orang

### KECEPATAN vs. POWER

Kajian kecepatan dan power mesin merupakan tahapan penting dalam proses desain kapal karena kecepatan, dan sering kali juga besar tenaga mesin, merupakan bagian dari *owner requirements* yang mutlak harus dipenuhi oleh desainer. Kajian analisis kecepatan vs. power untuk kapal BHO ini menggunakan program HULLSPEED yang juga merupakan bagian dari program MAXSURF dengan menggunakan kecepatan kapal 12 KNOTS dan 14 KNOTS yang merupakan kecepatan cruise dan kecepatan maksimum kapal BHO. Data input untuk program HULLSPEED dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah.

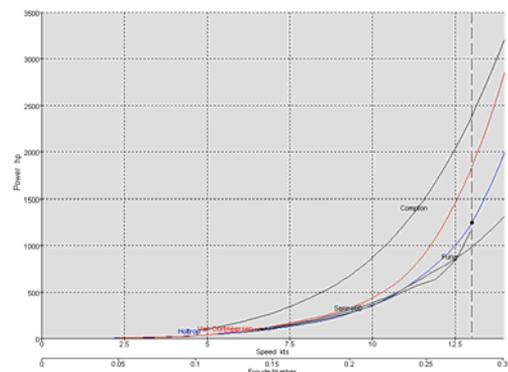
Tabel 1 Input Untuk HULLSPEED

1	LWL	50.350 m	50.350	50.350 (low)	50.350 (low)	50.350 (low)	50.350
2	Bowen	11.8 m	11.8	11.8	11.8 (high)	11.8	11.8
3	Draught	3.703 m	3.703	3.703	3.703	3.703	3.703
4	Displaced volume	1748.725 m <sup>3</sup>	1748.725	1748.725	1748.725	1748.725 (h)	1748.72
5	Wetted area	864.985 m <sup>2</sup>	864.985	864.985	864.985	864.985	864.985
6	Prismatic coeff.	0.711	0.711	0.711	--	--	0.711
7	Waterplane area coeff.	0.809	0.809	--	--	--	--
8	1/2 angle of entrance	30.57 deg.	30.57	30.57	--	--	30.57 (h)
9	LCG from midship(+ve forward)	1.925 m	1.925	1.925 (high)	--	1.925 (high)	--
10	Transom area	0.327 m <sup>2</sup>	0.327	--	--	--	0.327
11	Transom vrt beam	5.203 m	--	--	--	--	5.203
12	Transom draft	0.07 m	--	--	--	--	0.07
13	Max sectional area	42.137 m <sup>2</sup>	--	42.137	--	--	42.137
14	Sub transverse area	0.014 m <sup>2</sup>	0.014	--	--	--	0.014
15	Bulb height from keel	0 m	0	--	--	--	--
16	Draft at FP	3.704 m	3.704	--	--	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	2.75 deg.	--	--	--	--	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge	--	--	--	--	Round bilge
19							
20	Frontal Area	0 m <sup>2</sup>					
21	Headwind	0 kts					
22	Drag Coefficient	0					
23	Air density	0.001 tonner					
24	Appendage Area	0 m <sup>2</sup>					
25	Nominal App. length	0 m					
26	Appendage Factor	1					
27							
28	Correlation allow.	0.00040					
29	Kinematic viscosity	0.00000118 m <sup>2</sup> /s					
30	Water Density	1.026 tonner					

Metode yang dipilih untuk menghitung besarnya tahanan dan power dipilih menggunakan beberapa metode berikut,

1. Metode Holtrop untuk perhitungan kapal tanker, general cargo, fishing vessel, tug, passenger, container dan kapal fregat
2. Metode Compton untuk perhitungan kapal coastal patrol, training, recreational, dengan transom dan beroperasi pada rentang kapal displasemen dan semi-planing
3. Metode Fung untuk perhitungan kapal dengan transom yang diturunkan dari data David Taylor model basin
4. Metode van Oortmeersen untuk perhitungan kapal kecil seperti kapal trawl dan kapal tunda
5. Metode Series 60 untuk perhitungan kapal kargo single screw.

Proses perhitungan dilaksanakan pada saat muatan penuh dengan sarat DWL dan kecepatan divariasikan. Hasil perhitungan dipresentasikan dalam bentuk grafik hubungan antara Power (HP) dan kecepatan (atau Froude Number). Hasil perhitungan untuk rentang kecepatan dari 0 KNOTS hingga 14 KNOTS dengan memakai angka moderat untuk efisiensi sebesar 81%, dapat dilihat pada Gambar1 di bawah



Gambar1 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Power Kapal BHO

Tampak pada gambar di atas bahwa perhitungan untuk kapal displasemen dengan menggunakan metoda Compton dan van Oortmeersen menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan ketiga metode lainnya. Hal ini karena metode Compton dikhususkan untuk perhitungan kapal displasemen yang mempunyai kecepatan dan Bilangan Froude yang relatif tinggi dan berada pada daerah semi-planing dimana sesuai

dengan Tabel 1 di atas berada antara rentang angka Freude 0.5-1.0 untuk kapal dengan kecepatan sedang. Dua metoda lainnya yaitu metoda Fung dan metoda Series 60 menunjukkan hasil yang relative rendah. Metoda Series 60 khusus untuk kapal-kapal kargo single screw, seperti diuraikan di atas. Nilai numerik dari grafik di atas dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini. Dikarenakan grafik-grafik yang tertera pada Gambar 1 di atas terlihat kurang jelas dan menumpuk satu sama lain serta dengan melihat bahwa tuntutan kecepatan operasional kapal BHO adalah 12 KNOTS dan 14 KNOTS untuk kecepatan cruise dan kecepatan maksimum, maka analisis dibatasi hanya pada rentang kedua kecepatan tersebut dengan hasil seperti terlihat pada Gambar 1 di atas dan Tabel 2 di bawah.

Tabel 2 Output dari HULLSPEED

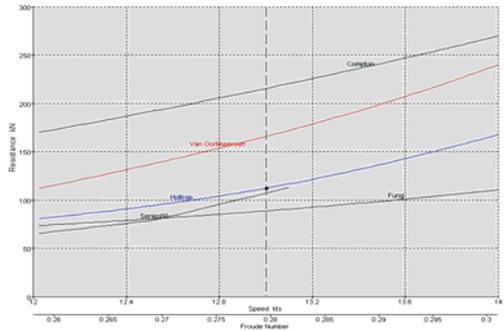
Speed (Kts)	Holtrop Result (Kts)	Holtrop Power (HP)	Van Oortmerveen Result (Kts)	Van Oortmerveen Power (HP)	Series60 Result (Kts)	Series60 Power (HP)	Compton Result (Kts)	Compton Power (HP)	Fung Result (Kts)	Fung Power (HP)
1	0.38	0.07	0.03	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.7	0.24	0.14	0.19	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
4	1.55	0.5	0.45	0.39	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
6	1.4	0.89	0.81	0.85	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
8	1.78	1.21	1.06	0.99	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48
10	2.1	1.84	1.59	1.59	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
12	2.45	2.46	2.02	1.95	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88
14	2.8	3.15	2.51	2.36	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
16	3.15	3.93	3.02	2.7	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
18	3.5	4.79	3.48	3.12	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
20	3.85	5.71	3.92	3.48	15.12	15.12	15.12	15.12	15.12	15.12
22	4.2	6.72	4.43	3.71	20.44	20.44	20.44	20.44	20.44	20.44
24	4.55	7.9	5.02	4.08	27.34	27.34	27.34	27.34	27.34	27.34
26	4.9	9.25	5.7	4.48	35.88	35.88	35.88	35.88	35.88	35.88
28	5.25	10.79	6.46	4.9	46.16	46.16	46.16	46.16	46.16	46.16
30	5.6	12.5	7.24	5.34	58.28	58.28	58.28	58.28	58.28	58.28
32	6.0	14.4	8.11	5.8	72.72	72.72	72.72	72.72	72.72	72.72
34	6.4	16.5	9.06	6.28	89.56	89.56	89.56	89.56	89.56	89.56
36	6.8	18.9	10.09	6.78	108.88	108.88	108.88	108.88	108.88	108.88
38	7.2	21.6	11.2	7.3	130.68	130.68	130.68	130.68	130.68	130.68
40	7.6	24.6	12.4	7.8	155.04	155.04	155.04	155.04	155.04	155.04
42	8.0	27.9	13.7	8.3	182.04	182.04	182.04	182.04	182.04	182.04
44	8.4	31.5	15.1	8.8	211.76	211.76	211.76	211.76	211.76	211.76
46	8.8	35.4	16.5	9.3	244.28	244.28	244.28	244.28	244.28	244.28
48	9.2	39.6	18.0	9.8	279.68	279.68	279.68	279.68	279.68	279.68
50	9.6	44.1	19.5	10.3	328.04	328.04	328.04	328.04	328.04	328.04
52	10.0	48.9	21.1	10.8	379.44	379.44	379.44	379.44	379.44	379.44
54	10.4	54.0	22.7	11.3	443.88	443.88	443.88	443.88	443.88	443.88
56	10.8	59.4	24.4	11.8	512.36	512.36	512.36	512.36	512.36	512.36
58	11.2	65.1	26.1	12.3	584.88	584.88	584.88	584.88	584.88	584.88
60	11.6	71.1	27.9	12.8	661.44	661.44	661.44	661.44	661.44	661.44
62	12.0	77.4	29.7	13.3	742.04	742.04	742.04	742.04	742.04	742.04
64	12.4	84.0	31.6	13.8	826.68	826.68	826.68	826.68	826.68	826.68
66	12.8	90.9	33.5	14.3	915.36	915.36	915.36	915.36	915.36	915.36
68	13.2	98.1	35.4	14.8	1008.08	1008.08	1008.08	1008.08	1008.08	1008.08
70	13.6	105.6	37.4	15.3	1104.84	1104.84	1104.84	1104.84	1104.84	1104.84
72	14.0	113.3	39.3	15.8	1205.64	1205.64	1205.64	1205.64	1205.64	1205.64
74	14.4	121.2	41.3	16.3	1310.48	1310.48	1310.48	1310.48	1310.48	1310.48
76	14.8	129.3	43.3	16.8	1419.36	1419.36	1419.36	1419.36	1419.36	1419.36
78	15.2	137.6	45.4	17.3	1532.28	1532.28	1532.28	1532.28	1532.28	1532.28
80	15.6	146.1	47.5	17.8	1649.32	1649.32	1649.32	1649.32	1649.32	1649.32
82	16.0	154.8	49.6	18.3	1770.48	1770.48	1770.48	1770.48	1770.48	1770.48
84	16.4	163.7	51.7	18.8	1895.76	1895.76	1895.76	1895.76	1895.76	1895.76
86	16.8	172.8	53.8	19.3	2025.16	2025.16	2025.16	2025.16	2025.16	2025.16
88	17.2	182.1	56.0	19.8	2158.68	2158.68	2158.68	2158.68	2158.68	2158.68
90	17.6	191.6	58.2	20.3	2296.32	2296.32	2296.32	2296.32	2296.32	2296.32
92	18.0	201.3	60.5	20.8	2438.08	2438.08	2438.08	2438.08	2438.08	2438.08
94	18.4	211.2	62.8	21.3	2583.96	2583.96	2583.96	2583.96	2583.96	2583.96
96	18.8	221.3	65.1	21.8	2733.96	2733.96	2733.96	2733.96	2733.96	2733.96
98	19.2	231.6	67.5	22.3	2888.08	2888.08	2888.08	2888.08	2888.08	2888.08
100	19.6	242.1	70.0	22.8	3046.32	3046.32	3046.32	3046.32	3046.32	3046.32
102	20.0	252.8	72.5	23.3	3208.68	3208.68	3208.68	3208.68	3208.68	3208.68
104	20.4	263.7	75.0	23.8	3375.16	3375.16	3375.16	3375.16	3375.16	3375.16
106	20.8	274.8	77.5	24.3	3545.76	3545.76	3545.76	3545.76	3545.76	3545.76
108	21.2	286.1	80.0	24.8	3720.48	3720.48	3720.48	3720.48	3720.48	3720.48
110	21.6	297.6	82.5	25.3	3899.32	3899.32	3899.32	3899.32	3899.32	3899.32
112	22.0	309.3	85.0	25.8	4082.28	4082.28	4082.28	4082.28	4082.28	4082.28
114	22.4	321.2	87.5	26.3	4269.36	4269.36	4269.36	4269.36	4269.36	4269.36
116	22.8	333.3	90.0	26.8	4460.56	4460.56	4460.56	4460.56	4460.56	4460.56
118	23.2	345.6	92.5	27.3	4655.88	4655.88	4655.88	4655.88	4655.88	4655.88
120	23.6	358.1	95.0	27.8	4855.32	4855.32	4855.32	4855.32	4855.32	4855.32
122	24.0	370.8	97.5	28.3	5058.88	5058.88	5058.88	5058.88	5058.88	5058.88
124	24.4	383.7	100.0	28.8	5266.56	5266.56	5266.56	5266.56	5266.56	5266.56
126	24.8	396.8	102.5	29.3	5478.36	5478.36	5478.36	5478.36	5478.36	5478.36
128	25.2	410.1	105.0	29.8	5694.28	5694.28	5694.28	5694.28	5694.28	5694.28
130	25.6	423.6	107.5	30.3	5914.32	5914.32	5914.32	5914.32	5914.32	5914.32
132	26.0	437.3	110.0	30.8	6138.48	6138.48	6138.48	6138.48	6138.48	6138.48
134	26.4	451.2	112.5	31.3	6366.76	6366.76	6366.76	6366.76	6366.76	6366.76
136	26.8	465.3	115.0	31.8	6599.16	6599.16	6599.16	6599.16	6599.16	6599.16
138	27.2	479.6	117.5	32.3	6835.68	6835.68	6835.68	6835.68	6835.68	6835.68
140	27.6	494.1	120.0	32.8	7076.32	7076.32	7076.32	7076.32	7076.32	7076.32
142	28.0	508.8	122.5	33.3	7321.08	7321.08	7321.08	7321.08	7321.08	7321.08
144	28.4	523.7	125.0	33.8	7570.96	7570.96	7570.96	7570.96	7570.96	7570.96
146	28.8	538.8	127.5	34.3	7824.96	7824.96	7824.96	7824.96	7824.96	7824.96
148	29.2	554.1	130.0	34.8	8083.08	8083.08	8083.08	8083.08	8083.08	8083.08
150	29.6	569.6	132.5	35.3	8345.32	8345.32	8345.32	8345.32	8345.32	8345.32
152	30.0	585.3	135.0	35.8	8611.68	8611.68	8611.68	8611.68	8611.68	8611.68
154	30.4	601.2	137.5	36.3	8882.16	8882.16	8882.16	8882.16	8882.16	8882.16
156	30.8	617.3	140.0	36.8	9156.76	9156.76	9156.76	9156.76	9156.76	9156.76
158	31.2	633.6	142.5	37.3	9435.48	9435.48	9435.48	9435.48	9435.48	9435.48
160	31.6	650.1	145.0	37.8	9718.32	9718.32	9718.32	9718.32	9718.32	9718.32
162	32.0	666.8	147.5	38.3	10005.28	10005.28	10005.28	10005.28	10005.28	10005.28
164	32.4	683.7	150.0	38.8	10296.36	10296.36	10296.36	10296.36	10296.36	10296.36
166	32.8	700.8	152.5	39.3	10591.56	10591.56	10591.56	10591.56	10591.56	10591.56
168	33.2	718.1	155.0	39.8	10890.88	10890.88	10890.88	10890.88	10890.88	10890.88
170	33.6	735.6	157.5	40.3	11194.32	11194.32	11194.32	11194.32	11194.32	11194.32
172	34.0	753.3	160.0	40.8	11501.88	11501.88	11501.88	11501.88	11501.88	11501.88
174	34.4	771.2	162.5	41.3	11813.56	11813.56	11813.56	11813.56	11813.56	11813.56
176	34.8	789.3	165.0	41.8	12129.36	12129.36	12129.36	12129.36	12129.36	12129.36
178	35.2	807.6	167.5	42.3	12449.28	12449.28	12449.28	12449.28	12449.28	12449.28
180	35.6	826.1	170.0	42.8	12773.32	12773.32	12773.32	12773.32	12773.32	12773.32
182	36.0	844.8	172.5	43.3	13101.48	13101.48	13101.48	13101.48	13101.48	13101.48
184	36.4	863.7	175.0	43.8	13433.76	13433.76	13433.76	13433.76	13433.76	13433.76
186	36.8	882.8	177.5	44.3	13770.16	13770.16	13770.16	13770.16	13770.16	13770.16
188	37.2	902.1	180.0	44.8	14110.68	14110.68	14110.68	14110.68	14110.68	14110.68
190	37.6	921.6	182.5	45.3	14455.32	14455.32	14455.32	14455.32	14455.32	14455.32
192	38.0	941.3	185.0	45.8	14804.08	14804.08	14804.08	14804.08	14804.08	14804.08
194	38.4	961.2	187.5	46.3	15156.96	15156.96	15156.96	15156.96	15156.96	15156.96
196	38.8	981.3	190.0	46.8	15513.96	15513.96	15513.96	15513.96	15513.96	15513.96
198	39.2	1001.6	192.5	47.3	15875.08	15875.08	15875.08	15875.08	15875.08	15875.08
200	39.6	1022.1	195.0	47.8	16239.32	16239.32	16239.32	16239.32		

dengan power total sebesar 2000 HP saat overload 110% MCR untuk mencapai kecepatan maksimum 14 KNOTS. Dengan demikian besarnya daya mesin saat MCR adalah sebesar 100/110 dari 2000HP atau sekitar 90% dari 2000 HP = 1818 HP.

Dikarenakan program MAXSURF (Manual Maxsurf Pro version 7.11, 2001) belum dapat memprediksi performance propeller, maka tingkat propulsif efisiensi harus diperkirakan. Angka moderat besar propulsif efisiensi (EHP/DHP) ini adalah sekitar 80-90% yang merupakan gabungan antara propeller open water efisiensi, hull efisiensi dan relatif rotatif efisiensi. Grafik Kecepatan vs. Power pada Gambar 2 di atas menunjukkan bahwa dengan efisiensi 81% pada kecepatan maksimum 14 KNOTS besar power yang dibutuhkan dengan menggunakan metoda Holtrop adalah sekitar 2000 HP. Apabila grafik tersebut di-match-kan dengan angka 1818 HP untuk 100% MCR dan dengan menggunakan angka efisiensi yang sama sebesar 81% maka besar kecepatan yang bisa dicapai saat 100MCR adalah sekitar 13.8 KNOTS, jauh diatas kecepatan cruise yang dipersyaratkan sebesar 12 KNOTS atau naik sebesar 15% diatas kecepatan cruise. Dengan demikian perhitungan besarnya daya mesin induk kapal BHO sangat tepat karena pada umumnya kapal selalu didesain untuk mencapai kecepatan cruisenya dengan engine-propeller matching menggunakan daya sebesar 85% MCR atau sekitar 1545.3 HP

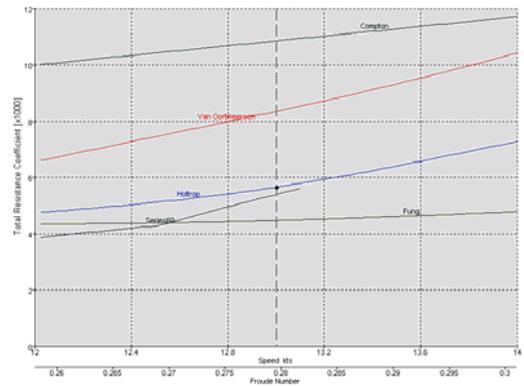
Dibandingkan dengan kecepatan maksimum (110% MCR) yang jarang digunakan (sering hanya saat trial dan kondisi cuaca buruk saja), kecepatan cruise jauh lebih sering dipakai dan bahkan diperkirakan merupakan porsi terbesar dari keseluruhan tingkat kecepatan kapal BHO yang digunakan selama umur kapal tersebut. Dengan ekstra power sebesar 15% yang dimiliki kapal BHO saat menempuh kecepatan cruise, merupakan toleransi yang sangat baik untuk mengantisipasi turunnya performance propulsive efficiency akibat, misalnya fouling, korosi dan tonjolan-tonjolan lain, yang mungkin timbul selama rentang periode docking kapal BHO.

Faktor penting lainnya yang perlu dikaji adalah hubungan antara tahanan kapal vs kecepatan dalam bentuk pendekatan keuh, Total Resistance mcr



Gambar 3 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Tahanan Kapal BHO Pada Rentang Kecepatan 12-14 KNOTS

Tampak pada gambar tersebut bahwa dengan menggunakan metoda Holtrop besarnya tahanan kapal yang terjadi adalah sekitar 150 KN pada saat kecepatan maksimum 14 KNOTS. Kecenderungan bentuk grafik dari tahanan mempunyai hubungan yang linear dengan besarnya power mesin, seperti dapat dibandingkan dari Gambar 2 dan Gambar 3 di atas.



Gambar 4 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Koefisien Tahanan Total Kapal BHO Pada Rentang Kecepatan 12-14 KNOTS

Total resistance dapat dibedakan menurut dua konsep pendekatan yaitu:

$$1. \text{ Total Resistance } R_T = R_{\text{Wave}} + R_{\text{Viscous}} + R_{\text{Cor}} + R_{\text{App}} + R_{\text{Air}}$$

$$2. \text{ Total Resistance } R_T = R_F + R_{\text{Cor}} + R_{\text{App}} + R_{\text{Air}}$$

merupakan penjumlahan dari semua komponen resistance kapal yang terdiri dari

$$R_T = R_R + R_{F(\text{Viscous})} + R_{\text{Cor}} + R_{\text{App}} + R_{\text{Air}}$$

dimana :  $R_R$  = Residuary Resistance

$R_{F(\text{Viscous})}$  = Frictional Resistance atau Viscous Resistance

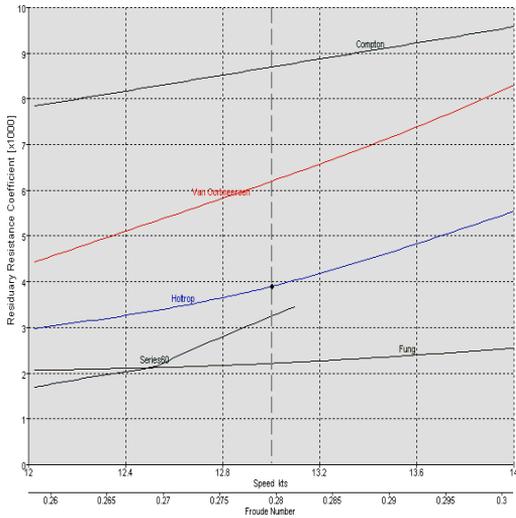
$R_{\text{Cor}}$  = Correlation Allowance

Resistance

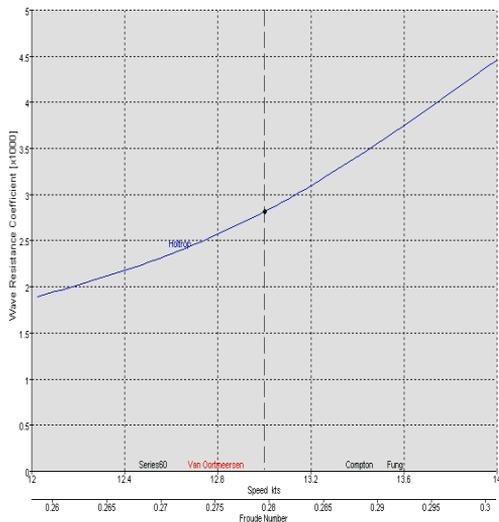
$$R_{App} = \text{Appendage Resistance}$$

$$R_{Air} = \text{Air Resistance}$$

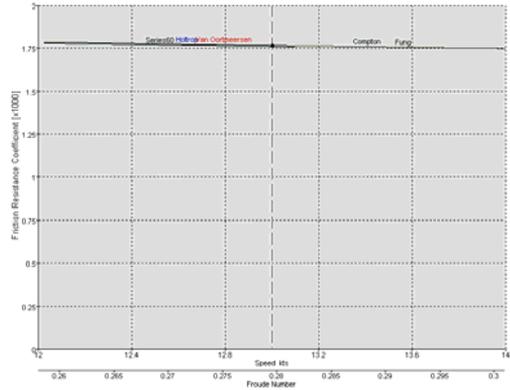
Grafik koefisien tahanan total dan residuary dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 yang mempunyai kecenderungan bentuk yang sama dengan grafik sebelumnya.



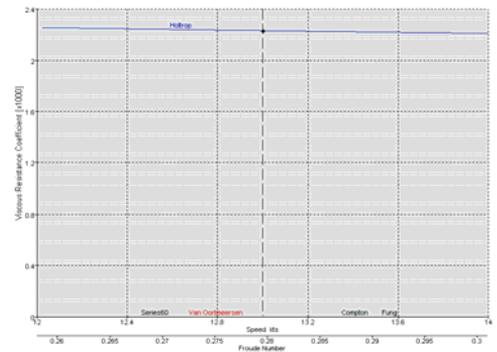
Gambar 5 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Koefisien Tahanan Sisa Kapal BHO Pada Rentang Kecepatan 12-14 KNOTS



Gambar 6 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Koefisien Tahanan Gelombang Kapal BHO Pada Rentang Kecepatan 12-14 KNOTS



Gambar 7 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Koefisien Tahanan Gesek Kapal BHO Pada Rentang Kecepatan 12-14 KNOTS



Gambar 8 Grafik Hubungan Speed (Froude Number) vs. Koefisien Tahanan Viscous Kapal BHO Pada Rentang Kecepatan 12-14 KNOTS

Gambar 13 tentang koefisien tahanan gelombang menunjukkan bahwa hanya metoda Holtrop yang dapat memprediksi besarnya tahanan gelombang tersebut, sedangkan metoda lain tidak menghitungnya secara langsung. Besarnya tahanan gelombang mempunyai hubungan non-linear dengan kecepatan dimana semakin besar kecepatan, besar tahanan gelombang akan meningkat dengan rate yang semakin besar. Dengan demikian dapat juga disimpulkan bahwa tinggi gelombang yang dibangkitkan kapal BHO mempunyai rate penambahan yang semakin besar bila kecepatan ditingkatkan.

Gambar 7 tentang koefisien tahanan gesek menunjukkan hasil koefisien tahanan gesek dengan nilai yang sama untuk semua metoda yang digunakan sehingga dapat disimpulkan bahwa ke lima metoda yang dipakai menggunakan formulasi yang sama didalam menghitung tahanan gesek. Grafik tersebut juga menunjukkan bahwa besar nilai koefisien tahanan

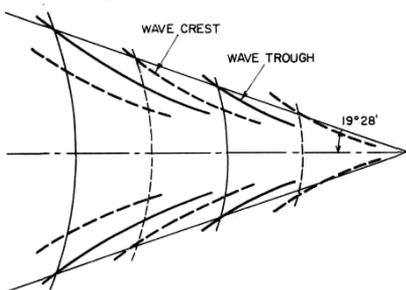
gesek menurun dengan meningkatnya kecepatan demikian juga dengan nilai tahanan geseknya. Hal ini sejalan dengan teori dimana tahanan gesek sangat dominan pada kecepatan rendah, sedangkan bila kecepatan semakin tinggi maka perannya digantikan oleh tahanan gelombang dan komponen tahanan residuary lainnya.

Koefisien tahanan viscous ditunjukkan pada Gambar 8 di atas dimana gambar tersebut menunjukkan bahwa hanya metoda Holtrop yang menghitung komponen gaya tahanan ini secara langsung. Bentuk koefisien tahanan viscous mempunyai kecenderungan yang sama dengan tahanan gesek karena komponen terbesar dari tahanan viscous adalah tahanan gesek itu sendiri.

### ANALISIS GELOMBANG PERMUKAAN

Analisis gelombang merupakan salah satu bagian analisis yang penting untuk memprediksi tingkat eksitasi gelombang yang terjadi kapal yang bergerak dengan kecepatan tertentu melewati laut yang bergelombang. Analisis ini masih menggunakan program HULLSPEED yang merupakan bagian dari program MAXSURF (Manual Maxsurf Pro version 7.11, 2001). Meskipun program tersebut masih menggunakan pendekatan linear, tetapi informasi yang dihasilkan cukup baik sebagai bahan analisis awal untuk karakteristik gelombang yang terjadi.

Bentuk gelombang yang terjadi di sekitar kapal secara umum dapat dilihat pada Gambar 16 berikut dimana gelombang longitudinal dan gelombang transversal berinteraksi dan membentuk sudut  $19^{\circ}28''$  dengan centerline kapal. Setiap puncak gelombang transversal berinteraksi dengan puncak gelombang longitudinal dan setiap lembah gelombang transversal berinteraksi dengan lembah gelombang longitudinal dimana kedua gelombang tersebut tercipta pada pertemuan antara linggi haluan dengan permukaan air.

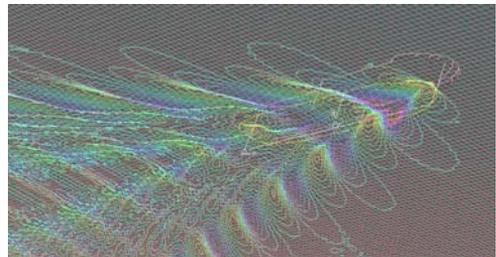


Gambar 9 Kontur Gelombang Kelvin

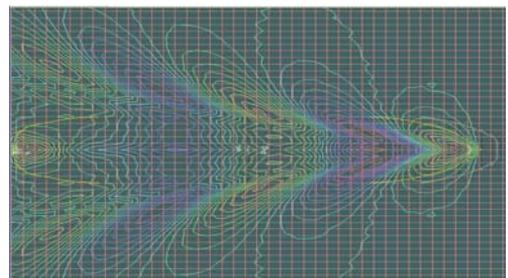
Analisis gelombang yang terjadi di sekitar kapal BHO dihitung saat kapal bergerak dengan kecepatan cruise 12 KNOTS dengan kecepatan maksimum 14 KNOTS . Tinggi gelombang yang dipakai adalah sekitar 2 meter karena owner requirement menuntut kapal harus mampu beroperasi pada sea state 3, sesuai yang tertera pada Tabel 3 di atas. Penggunaan ketinggian gelombang 2 meter yang sedikit lebih tinggi dari gelombang rata-rata dalam table tersebut dipakai untuk memberikan toleransi terhadap kemungkinan terjadinya gelombang yang lebih tinggi pada rentang sea state 3 tersebut.

### Analisis Gelombang Untuk Kecepatan 12 KNOTS

Pada kecepatan kapal sebesar 12 KNOTS kontur gelombang Kelvin yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11 di bawah dimana kontur gelombang longitudinal, transversal dan gelombang tengah yang merupakan interaksi gelombang longitudinal dan transversal di belakang kapal BHO dapat terlihat dengan jelas.



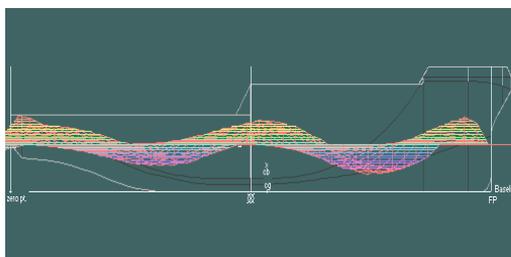
Gambar 10,- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi Pada Kecepatan 12 KNOTS



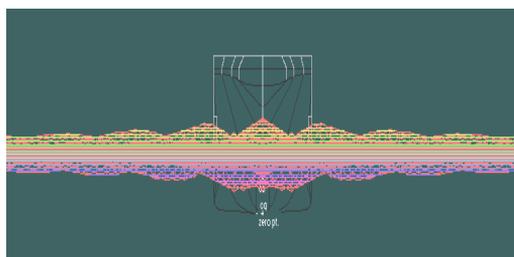
Gambar 11,- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi (Tampak Atas)

Tepat di belakang buritan kapal tampak terbentuk lembah gelombang longitudinal yang terbesar untuk kemudian tinggi gelombang tersebut menurun secara eksponensial pada jarak semakin jauh di belakang

kapal. Kondisi lembah gelombang transversal terbesar yang terbentuk di belakang kapal BHO tersebut merupakan salah satu faktor yang penting untuk diperhatikan, khususnya saat percobaan towing tank, karena dapat mengakibatkan terjadinya squat atau turunnya sarat kapal di bagian buritan yang menjadi penting bila kapal melayari alur yang dangkal untuk menghindari kandasnya kapal.



Gambar 12- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi (Tampak Samping)



Gambar 13- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi (Tampak Depan)

Turunnya ketinggian gelombang secara eksponensial pada jarak semakin jauh dari badan kapal juga dialami oleh gelombang transversal seperti tampak pada Gambar 13 di atas. Bentuk gelombang yang terjadi di samping kapal dapat dilihat pada Gambar 12 di atas dimana di sepanjang kapal BHO terjadi 3 puncak pada kecepatan cruise 12 KNOTS.

Kapal BHO tidak akan mengalami kondisi Sagging atau Hogging yang ekstrim seperti terjadinya sagging 2 puncak gelombang pada daerah linggi haluan dan linggi buritan sehingga kapal seolah-olah hanya ditumpu pada dua posisi ekstrim di haluan dan buritan atau terjadinya hogging satu buah puncak gelombang pada posisi miship dimana kapal seolah-olah ditumpu pada satu titik di midship. Pada kapal BHO terjadinya 3 puncak gelombang akan jauh mereduksi terjadinya sagging dan hogging yang ekstrim tersebut karena kapal seolah-olah ditumpu di 3

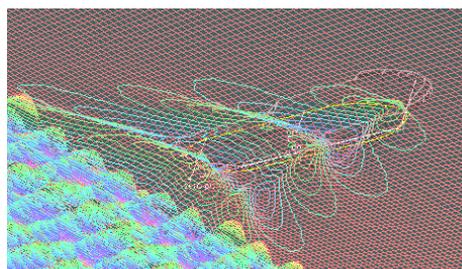
posisi yaitu di linggi haluan, bagian midship dan linggi buritan sehingga stress pada struktur kapal akan tereduksi sekitar setengah dari stress yang terjadi pada sagging dan hogging murni.

Satu hal yang perlu diperhatikan dari Gambar 12 di atas adalah relatif tingginya gelombang pada daerah buritan yang hampir mendekati ketinggian main deck di daerah tersebut. Meskipun perhitungan wavemaking dengan program MAXSURF (Manual Maxsurf Pro version 7.11, 2001) ini hanya menggunakan pendekatan linear dengan akurasi yang relatif kasar, tetapi perhatian lebih perlu diberikan pada kondisi ini khususnya saat percobaan di laboratorium towing tank nantinya.

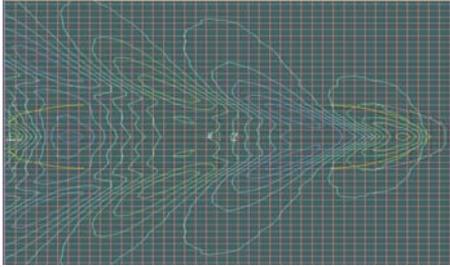
### Analisis Gelombang Untuk Kecepatan 14 KNOTS

Analisis gelombang untuk kecepatan maksimum 14 KNOTS menghasilkan Gambar 14-17 di bawah. Tampak gelombang yang terjadi pada Gambar 14 terbentuk dengan kontur yang baik di sekitar dekat kapal BHO, tetapi pada jarak yang semakin jauh di belakang kapal bentuk gelombang tampak tidak realistis. Dengan mengingat bahwa hasil yang diperoleh dari kecepatan 12 KNOTS cukup baik, maka hasil yang kurang sempurna ini dapat dipastikan disebabkan karena numerical error akibat pembatasan linearisasi dari program MARXSURF (Manual Maxsurf Pro version 7.11, 2001)

karena seperti diketahui bahwa semakin tingginya kecepatan kapal, maka gelombang longitudinal dan gelombang transversal yang terjadi akan semakin besar dengan intensitas interaksi yang semakin highly non-linear. Sehingga bila hasil perhitungan kontur gelombang diharapkan dapat menghasilkan kontur gelombang yang sempurna maka perlu digunakan program lain yang memasukkan non-linearity effect dalam memperhitungkan interaksi yang terjadi.

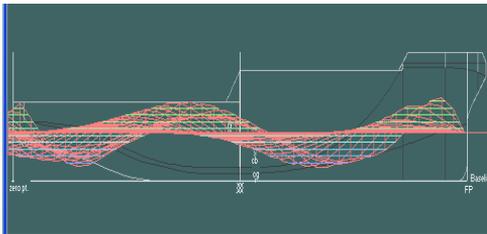


Gambar 14,- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi Pada Kecepatan 14 KNOTS

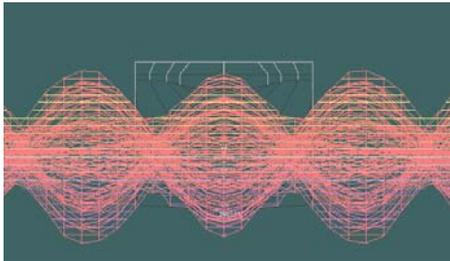


Gambar 15,- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi Pada Kecepatan 14 KNOTS

Tingginya gelombang yang terjadi di sekitar kapal juga merupakan faktor yang perlu diperhatikan saat percobaan laboratorium towing tank, seperti ditunjukkan pada Gambar 24 di bawah.



Gambar 16- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi Pada Kecepatan 14 KNOTS



Gambar 17,- Perspektif Kontur Gelombang yang Terjadi Pada Kecepatan 14 KNOTS

Hal lain yang perlu diperhatikan saat percobaan towing tank adalah tingginya gelombang yang terjadi pada daerah buritan saat kecepatan maksimum 14 KNOTS ini dimana ketinggian gelombang terindikasi mendekati ketinggian main deck seperti terlihat pada Gambar 23 di atas. Gambar 23 tersebut juga menunjukkan bahwa pada kecepatan maksimum 14 KNOTS, di sepanjang kapal BHO relatif tetap terjadi 3 buah puncak gelombang meskipun panjang gelombang longitudinal yang terjadi lebih besar sehingga posisi

puncak gelombang tengah sedikit bergeser ke belakang dan panjang kapal BHO daerah haluan yang tidak ditumpu menjadi sedikit lebih besar. Hal ini mengakibatkan stress yang terjadi pada kecepatan 14 KNOTS tersebut dipastikan menjadi lebih besar dibandingkan stress yang terjadi pada kecepatan 12 KNOTS selain karena panjang yang tidak ditumpu lebih besar, juga disebabkan tidak efektifnya fungsi tumpuan puncak gelombang di daerah buritan akibat posisi puncak gelombang buritan menjadi bergeser ke belakang kapal.

## KESIMPULAN

- Metode Holtrop merupakan metode paling representatif untuk memprediksi kecepatan vs power dari kapal BHO
- Pada kecepatan maksimum 14 KNOTS dengan efisiensi 81% besar power yang dibutuhkan dengan menggunakan metode holtrop adalah sekitar 2000 HP
- Stress yang terjadi pada kecepatan 14 KNOTS menjadi lebih besar dibandingkan stress yang terjadi pada kecepatan 12 KNOTS
- Nilai koefisien tahanan gesek menurun dengan meningkatnya kecepatan demikian juga dengan nilai tahanan geseknya
- Besar tahanan gelombang mempunyai hubungan non-linear dengan kecepatan

## DAFTAR PUSTAKA

- Holtrop, J.E.Mennen (1978), "A statical power prediction method".
- Holtrop, J.E.Mennen (1978) "An approximate power prediction method"
- D.G.M. Watson ; Practical Ship design, chapter 6: Powering I
- D.G.M. Watson ; Practical Ship design, chapter 8.7: Seakeeping & Manoeuvrability.
- Principal of naval Architecture (PNA) vol.III : Motion in waves & controllability.
- Van Lammeren J. D, 1957, Fundamentals of Ships Resistance and Propulsions, International Ship Building Progress.
- Manual Maxsurf Pro version 7.11, 2001