

PREDIKSI TAHANAN DAN PROPULSI WAHANA ANGKUT ANJUNGAN LEPAS PANTAI PASKA OPERASI (ALPO)

Hartono Kusnindar Priohutomo

Balai Teknologi Hidrodinamika

E-mail: kusnindar.priohutomo@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara anggota International Maritime Organisation (IMO) memiliki kewajiban untuk membersihkan jalur pelayaran dari struktur lepas pantai yang sudah tidak digunakan lagi. Biaya untuk menonaktifkan struktur lepas pantai memiliki biaya yang sangat tinggi, terutama untuk sewa kapal yang digunakan untuk memindahkan struktur lepas pantai dari laut ke darat. Untuk itu Pemerintah Indonesia memiliki rencana untuk memiliki kapal dekomisioning sendiri. Karena biaya pembangunan kapal tidaklah murah, maka aspek pemilihan mesin menjadi faktor penting dalam tahap desain. Dalam makalah ini, analisis untuk hambatan kapal diprediksi menggunakan Rhinoceros dan Orca 3D. Metode yang digunakan untuk analisa tahanan kapal adalah Metode Holtrop. Dari hasil analisa software didapatkan hasil untuk hambatan lambung kosong pada kecepatan 14 knot sebesar 78.57 kN dan untuk tahanan total pada kecepatan 14 knot sebesar 90.35 kN. Untuk tenaga kuda efektif (EHP) pada kecepatan 14 knot sebesar 872,67 HP dan untuk brake horsepower (BHPmcr) pada kecepatan 14 knot sebesar 1866,68 HP.

Kata kunci: Hambatan Kapal, Propulsi Kapal, Daya Mesin, Dekomisioning Kapal, Simulasi Numerik.

ABSTRACT

Indonesia as an International Maritime Organization (IMO) member country has an obligation to clean shipping line from offshore structure that are no longer in use. The cost of decommissioning offshore structure has very high costs, especially for rent ship which is used to move offshore structures from sea to land. For that the Indonesian Government has a plan to have its own decommissioning vessel. Because the cost of ship building is not cheap, the aspect of engine selection is an important factor in the design stage. In this paper, analysis for ship resistance is predicted using Rhinoceros dan Orca 3D. Method for analysis ship resistance is Holtrop Method. From the results of software analysis obtained results for resistance of bare hull at a speed of 14 knots at 78.57 kN and for total resistance at a speed of 14 knots at 90.35 kN. For effective horsepower (EHP) at 14 knots at 872.67 HP and for brake horsepower (BHPmcr) at 14 knots at 1866.68 HP.

Keyword : Ship Resistance, Ship Propulsion, Engine Power, Decommissioning Vessel, Numerical Simulation.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Indonesia sebagai negara penghasil minyak dan gas yang pada umumnya menggunakan jacket platform untuk eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi. Struktur ini umumnya terpasang di laut lepas (offshore). Anjungan lepas pantai ini terdistribusi sekitar 65% di perairan P. Jawa, 25% di daerah Kalimantan Timur dan sisanya berada di Selat Malaka, Natuna dan Jatim. Bentuk strukturnya berkisar yang ada di Indonesia jumlahnya 40% berkaki empat, 34% berkaki tiga dan sisanya adalah monopod. Sumber dari [1] dari jumlah sekitar 600 anjungan lepas pantai ada sekitar 38% ya memiliki usia lebih dari 30 tahun, padahal umur dari konstruksi anjungan lepas pantai umumnya berkisar antara 20 s/d 40 tahun. Dengan bertambahnya anjungan lepas pantai yang sudah semakin menurun produksinya maka diperlukan pemikiran tentang apa yang dilakukan terhadap fasilitas anjungan – anjungan

tersebut pada saat mencapai paska operasi dimana sudah tidak menguntungkan lagi dari segi ekonomis. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah melakukan relokasi Anjungan Lepas Pantai Paska Operasi (ALPO) tersebut. Kegiatan relokasi dilakukan melalui beberapa tahapan antara lain:

- Pertimbangan aspek kerekayasaan (pengumpulan data & pemodelan numerik)
- Sumur dan peralatan diatas anjungan Pemutusan & pembuangan sistem pipa bawah air.
- Proses pengambilan dan/atau pengaturan kembali (*refurbishment*) bangunan atas
- Proses pengambilan dan/atau penguatan kembali struktur ALPO-nya
- Pemasangan struktur dan bangunan atas serta atas serta sistem perpipaannya di lokasi yang baru
- Sertifikasi semua peralatan dan *commisioning*



Gambar 1. Anjungan CNOOC yang sudah tidak beroperasi
(sumber: Dirtek Migas)

Pada gambar 1 terlihat anjungan CNOOC yang sudah ditinggalkan dan tidak beroperasi yang nantinya akan dilakukan pembongkaran agar tidak mengganggu alur pelayaran. Untuk data anjungan lepas pantai di Indonesia menurut sumber dari [1] bahwa ada sekitar 24 Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) yang melakukan pengelolaan migas di Indonesia. Untuk masing-masing KKKS tersebut memiliki berat platform yang beragam mulai dari 500ton yang berada di Laut Jawa sampai yang paling berat sekitar 2500 ton di Sumatra bagian selatan. Data ini diperlukan untuk merencanakan ukuran utama wahana angkut ALPO yang akan didesain untuk mengangkut sebuah platform. Lebih rinci data mengenai lokasi platform, berat platform dan kedalaman platform ditampilkan pada tabel 1 .

Tabel. Data Lokasi, Kedalaman dan Berat Platform

Function	Location	Dead Load (ton)	Water Depth (m)
Service	Java Sea	525	44.19
Compressor	Java Sea	1186	27.12
Process	Java Sea	1685	26.51
Bridge Support	Java Sea	1526	32.3
Junction	Java Sea	1200	32.3
Living Quarter	Java Sea	1246	32.6
Well	Java Sea	1318	46.02
Flare	Natuna	578	87.66
Well	Makassar Strait	2408	35
Yakin 7 Well	East Kalimantan	60	4.6
Yakin 12 Well	East Kalimantan	61	4.7
Yakin 13 Well	East Kalimantan	37 (Jacket Only)	3.66
Attaka 1	East Kalimantan	1661	67.36
Attaka UA	East Kalimantan	320	55.17
Attaka EB	East Kalimantan	345	54.86

Menurut paparan yang disampaikan oleh [2] dengan tema "Abandonment Site Restoration" perlu dilakukan karena beberapa hal antara lain:

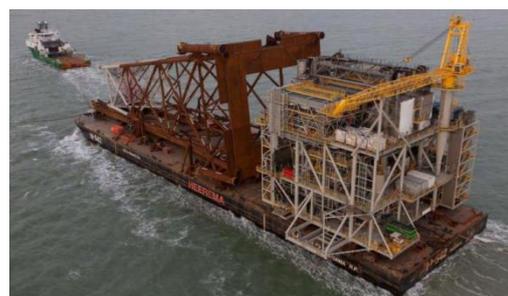
- Peraturan pelaksanaan yang berlaku
- Perlunya dilakukan pembongkaran fasilitas produksi dan sarana penunjang secara permanen serta melakukan pemulihan lingkungan
- Fasilitas produksi atau sarana penunjang lainnya yang tidak digunakan karena lapangan migas berhenti berproduksi secara permanen (paska operasi) berpotensi membahayakan lingkungan dan kegiatan lain (non migas) di wilayah tersebut
- Perlunya koordinasi antar instansi terkait untuk terlaksananya pembongkaran fasilitas produksi paska operasi

- ASR merupakan bagian dari POD
- Data dan informasi Abandonment Site Restoration (ASR) diperlukan saat perpanjangan kontrak kerja Dalam persentasi yang disampaikan oleh [3] PHE ONWJ memiliki sekitar 218 offshore platform yang tersebar di wilayah Laut Jawa diatas Jawa Barat, dari 218 platform tersebut 72% memiliki usia diatas 30 tahun dan hanya 2% yang masih berusia dibawah 10 tahun. Untuk itu perlu perhatian khusus kepada platform yang berusia diatas 30 tahun untuk nantinya apabila sudah tidak berproduksi maka akan dilakukan pembongkaran instalasi ALPO.

Menurut PHE ONWJ dari biaya yang dikeluarkan untuk decommissioning platform bila diklasifikasikan kedalam kategori maka yang menimbulkan cost paling besar ($\pm 15\%$) adalah Mobilization & Demobilization Crane Barge atau yang biasa disebut menyewa Kapal Crane Barge untuk melakukan pembongkaran platform.

Untuk itu PHE ONWJ berharap apabila biaya untuk menyewa Kapal Crane Barge dapat dilakukan oleh perusahaan dalam negeri maka dapat menekan biaya yang dikeluarkan. Pada gambar 2 ditampilkan kapal barge yang digunakan untuk mengangkut ALPO.

Dari penjabaran peraturan yang ada maka sudah menjadi kewajiban Pemerintah untuk melakukan pembongkaran instalasi ALPO yang sudah tidak berproduksi, namun permasalahan yang timbul menurut SKK Migas adalah untuk melakukan pembongkaran instalasi ALPO pihak KKKS mengajukan proposal untuk meminjam atau menyewa kapal dari luar negeri yang biayanya sangat mahal. Oleh sebab itu SKK Migas mengharapkan pemerintah memiliki kapal sendiri untuk melakukan pembongkaran instalasi ALPO, sehingga tidak perlu menyewa dari luar negeri.



Gambar 2. Barge Wahana ALPO
(sumber: PHE ONWJ)

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) didalam Renstra (Rencana Strategis) memiliki kajian desain wahana angkut Anjungan Lepas Pantai Paska Operasi (ALPO) memperkuat industri maritim dalam negeri Indonesia terutama untuk menunjang industri migas. Melalui Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim (PTRIM) dan Balai Teknologi Hidrodinamika (BTH) mulai tahun 2017 melakukan feasibility study mengenai desain kapal barge yang akan digunakan untuk wahana

angkutan ALPO. Untuk mendukung desain kapal barge yang akan didesain maka dilakukan beberapa kajian pustaka dari beberapa paper.

Beberapa riset yang telah dilakukan sebelumnya mengenai prediksi resistance kapal telah dilakukan oleh [4]. Dimana pada paper ini membahas tentang prediksi resistance kapal pada kondisi perairan beku (perairan ice) menggunakan pendekatan empiris. Pendekatan semi empiris model untuk memprediksi tahanan kapal pada perairan beku telah dilakukan sebelumnya oleh Lindqvist, dimana model kapal diasumsikan kontak langsung dengan es yang menyebabkan terjadinya tahanan kapal akibat menabrak es. Terdapat dua kondisi kontak yang terjadi antara model kapal dan es yaitu submersion force dihitung menggunakan Lindqvist formula dan breaking forces dihitung menggunakan energy consideration formula selama kapal menghantam ice. Efek yang muncul dari kontak antara kapal dan ice digunakan untuk menganalisa tahanan kapal yang muncul. Kesimpulan yang muncul dari riset ini adalah berdasarkan perhitungan, triangular crushing lebih sering terjadi dibanding quadrilateral crushing pada keadaan ice yang tipis. Contact force meningkat signifikan pada saat kapal bertabrakan dengan ice yang mana ini berhubungan dengan setiap strength number dan untuk memvalidasi riset ini prediksi dari hasil pengujian dibandingkan dengan data model test dimana menunjukkan rata-rata deviasi sekitar 3.1% sampai 5.5%. Ini menunjukkan bahwa pendekatan yang digunakan sesuai untuk preliminary tahanan total yang terjadi pada kapal yang melaju pada kondisi perairan beku (ice).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh [5] mengenai studi numerik hydrodynamics drag force pada kapal kontainer skala model. Pada beberapa tahun terakhir, menjadi penting untuk mengurangi konsumsi bahan bakar pada kapal untuk menekan emisi gas buang dari kapal yang berlayar. Dari tahap desain kapal menjadi krusial untuk memprediksi metode yang digunakan untuk menghitung tahanan dan propulsi kapal. Kebutuhan power kapal untuk propulsi tergantung dari tahanan dan kecepatan kapal. Terdapat tiga solusi untuk memprediksi tahanan kapal antara lain mengikuti analitikal model, model test di kolam pengujian dan menggunakan computational fluid dynamics (CFD). Seiring dengan meningkatnya kemampuan komputer dan meningkatnya kemampuan software CFD menjadikan penggunaan metode CFD menjadi lebih populer. Pada paper ini pendekatan yang digunakan adalah memprediksi tahanan kapal menggunakan software ANSYS-CFX. Kapal yang digunakan pada paper ini adalah kapal jenis kontainer. Hasil dari paper ini adalah reynolds averaged navier stokes (RANS) digunakan untuk memprediksi tahanan kapal kontainer. Tahanan yang dihasilkan dari simulasi CFD memiliki komponen tahanan skin friction dan tahanan pressure. Hasil simulasi

menunjukkan tahanan skin friction memiliki persentasi 90% dari total tahanan kapal.

Penelitian lain dilakukan oleh [6] mengenai efek dari kemiringan (trim) dari kapal kontainer terhadap perubahan kecepatan dan sarat (draft) kapal. Tahanan kapal kontainer pada tiga Froude number dan draft yang berbeda diprediksi menggunakan pendekatan simulasi RANS untuk menunjukkan sudut trim yang optimum terhadap kecepatan dan draft kapal. Pertama pada kondisi zero trim dimana hasilnya divalidasi dengan data pengujian berikutnya dilakukan trim pada kapal untuk melakukan optimalisasi. Ini membuktikan untuk trim yang optimum pada kapal kontainer dengan berbagai kecepatan dan kondisi draft. Penelitian ini berguna untuk mengetahui dan meningkatkan efisiensi, mengurangi konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi. Hasil dari penelitian ini adalah mengetahui trim yang optimal untuk kapal kontainer dimana trim tersebut mampu mengurangi emisi dan meningkatkan efisiensi.

Paper berikutnya ditulis oleh [7] mengenai estimasi dari penambahan tahanan kapal dan berkurangnya kecepatan kapal pada jalur pelayaran. Prediksi dari penambahan tahanan dan kecepatan kapal yang berlayar pada kondisi cuaca merupakan evaluasi yang aktual untuk melihat performa dari kondisi operasi kapal. Pada paper ini metodologi yang digunakan untuk meng-estimasi berkurangnya kecepatan kapal kontainer S175. Pada kondisi perairan yang spesifik gelombang dan anginnya. Pertama simulasi numerik digunakan untuk memprediksi penambahan tahanan dan pergerakan kapal pada gelombang regular dan gelombang oblique menggunakan tiga metode yaitu metode 2D, metode 3D potential flow dan CFD dengan Unsteady Reynolds Averaged Navier Stokes (URANS). Simulasi pada variasi gelombang dibandingkan dengan data pengujian yang tersedia dan digunakan sebagai validasi hasil. Langkah berikutnya setelah melakukan validasi pada regular wave, berkurangnya kecepatan kapal diestimasi menggunakan metodologi perhitungan tahanan kapal pada calm water (perairan tenang) dan penambahann resistance akibat angin dan gelombang ireguler dan dihubungkan dengan Beufort scale dan hasilnya dibandingkan dengan hasil simulasi penelitian lain. Akhirnya efek dari variasi kecepatan kapal dan berkurangnya kecepatan kapal telah diketahui. Pada paper ini menunjukkan kemampuan metode 2D dan 3D serta CFD untuk menghitung penambahan tahanan kapal dan pergerakan kapal pada gelombang regular pada berbagai variasi arah datang gelombang. Kesimpulan pada paper ini adalah berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat pengurangan kecepatan sebesar 1.21 knot (0.58 knot akibat angin dan 0.63 knot akibat gelombang) dimana sea margin diprediksi sekitar 17.2%. Paper yang lain juga membahas tentang tahanan kapal seperti pada paper [8] dimana paper ini membahas

tentang tahanan pada kapal katamaran yang berlayar pada perairan dangkal, sedang dan dalam. Percobaan pada paper ini dilakukan pada kolam uji Towing Tank milik Jurusan Perkapalan ITS dengan variasi rasio jarak antar lambung kapal-panjang kapal (S/L) mulai 0.2 - 0.4 dan variasi kecepatan pada Froude number (Fn) 0.25-0.42 di perairan dangkal, sedang dan dalam. Kesimpulan paper ini adalah hambatan kapal katamaran cenderung meningkat di perairan dangkan dan medium pada kecepatan Fn 0.25-0.37 akibat terjadinya perubahan tekanan dan kenaikan kecepatan aliran antara bagian bawah badan kapal dan dasar perairan.

Fokus bahasan pada paper ini adalah mengenai prediksi tahanan kapal untuk wahana angkut ALPO bertipe Barge. Penggambaran desain 3D dilakukan menggunakan software Rhinoceros dan perhitungan tahanan kapal metode numerik dilakukan menggunakan software Orca 3D.

2. METODE PENELITIAN

Metode pada paper ini dikembangkan untuk dapat memprediksi tahanan yang bekerja pada kapal untuk nantinya digunakan sebagai referensi dalam menentukan pemilihan mesin yang akan dipasang pada kapal. Dimana langkah dalam mencapai metodologi dapat diuraikan sebagai berikut:

2.1 Tahanan Kapal

Agar kapal dapat bergerak diatas permukaan air dengan kecepatan tertentu, maka dibutuhkan gaya dorong. Daya dorong kapal ini diwujudkan dalam bentuk gaya untuk melawan hambatan pada volume atau badan kapal yang terbenam didalam air, hambatan gelombang dan hambatan angin. Hambatan-hambatan ini dikenal dengan istilah tahanan kapal (ship resistance). Tahanan kapal terdiri dari komponen-komponen gaya fluida yang berkerja sejajar dengan sumbu memanjang kapal [9]. Pada paper ini perhitungan tahanan kapal dilakukan menggunakan metode Holtrop. Dimana persamaan-persamaan yang harus dicari adalah:

2.1.1 Froude Number

Froude number menurut [10] dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \times LWL}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- V = Kecepatan kapal (m/s)
- g = Gaya gravitasi (m/s²)
- LWL = Length Waterline (m)

2.1.2 Reynold Number

Reynold number menurut [10] dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Rn = \frac{V \times LWL}{\nu} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- V = Kecepatan kapal (m/s)
- LWL = Length Waterline (m)
- ν = Viskositas Air Laut 1,1883 x 10⁻⁶ (m²/s)

2.1.3 Koefisien Tahanan Friksi (Cf)

Koefisien tahanan friksi menurut [10] dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$Cf = \frac{0.075}{\text{Log}10 Re - 2} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

- Cf = koefisien tahanan friksi
- Re = reynold number

2.1.4 Perhitungan Tahanan Total Kapal (Rt)

Perhitungan tahanan total kapal menurut [10] dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Rt = \frac{1}{2} * \rho v^2 * Stotx [Cf + Ca] +$$

Rw * W

....(4)

Dimana:

- ρ = massa jenis air laut

2.1.5 Effective Horsepower (EHP)

Effective Horsepower (EHP) adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gaya hambat dari badan kapal (hull), agar kapal dapat bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain dengan kecepatan servis sebesar Vs. Daya efektif ini merupakan fungsi dari besarnya gaya hambat total dan kecepatan kapal. Perhitungan daya efektif pada kapal menurut [9] dapat dicari menggunakan rumus:

$$EHP = Rt * v \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

- Rt = tahanan total kapal (N)
- v = kecepatan kapal (m/s)

2.1.6 Delivery Horsepower (DHP)

Delivered Horsepower adalah besarnya daya yang dihasilkan dari pengurangan EHP dengan Pc (Koefisiensi Propulsi), dimana Pc dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Pc = \eta rr * \eta 0 * \eta H \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

- ηrr = 1.05
- η0 = 50%
- ηH = 1.1127

Sehingga:

$$DHP = \frac{EHP}{Pc} \dots \dots \dots (7)$$

2.1.7 Shaft Horsepower (SHP)

Untuk kapal yang peletakkan kamar mesin berada dibelakang kapal, kerugian mekanisnya sebesar 2%, pada paper ini kamar mesin kapal barge

diletakkan dibelakang. Rumus untuk menghitung kerugian mekanis sebesar 2% adalah:

$$SHP = \frac{DHP}{0.98} \dots \dots \dots (8)$$

2.1.8 Power Main Engine (BHP mcr)

BHP-SCR adalah daya output dari motor penggerak pada kondisi *Continues Service Rating* (CSR), yaitu pada daya motor pada kondisi 80-85% dari *Maximum Continues Rating* (MCR). Artinya daya yang dibutuhkan oleh kapal agar mampu beroperasi dengan kecepatan servis Vs adalah cukup dengan 80-85% daya mesin (*engine rated power*) dan pada kisaran 100% putaran motor (*engine rated speed*). Rumus untuk menghitung BHPmcr adalah:

$$BHPmcr = \frac{BHPscr}{0.85} \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

BHPscr= SHP

2.2 Ukuran Utama Kapal

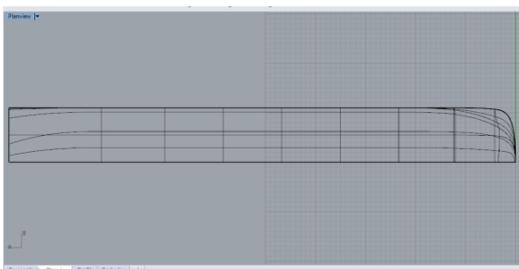
Pertama kali yang harus ditentukan dalam mendesain kapal adalah ukuran utama, karena merupakan faktor penting dalam hal desain. Kapal barge yang didesain memiliki ukuran utama yang ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Utama Kapal

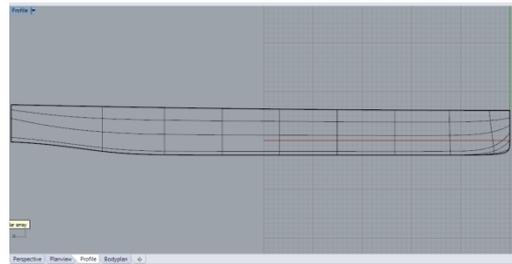
Dimensi	Nilai	Satuan
Panjang Total (LOA)	101.3	m
Lebar (B)	22	m
Tinggi (H)	10	m
Sarat (T)	3	m
Displacement	5338	ton
Wetted Surface Area (WSA)	2432.8	m ²
Waterplane Area (WPA)	2110.7	m ²

2.3 Gambar Drawing 3D

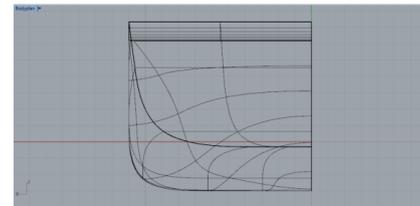
Penggambaran untuk 3D dilakukan menggunakan software *Rhinoceros* dimana gambar 3D diperlukan untuk melakukan simulasi numerik perhitungan tahanan kapal. Gambar *halfbreadth plan* 3D, *sheer plan* 3D, *bodyplan* 3D dan *perspective* 3D dari kapal Barge ditampilkan pada gambar 6, gambar 7, gambar 8 dan gambar 9.



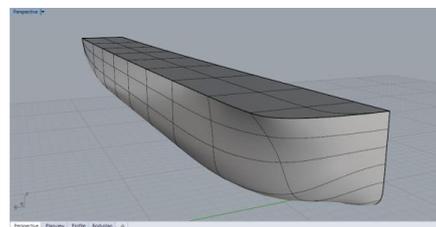
Gambar 6. Halfbreadth Plan 3D Kapal Barge



Gambar 7. Sheer Plan 3D Kapal Barge



Gambar 8. Body Plan 3D Kapal Barge



Gambar 9. Perspective View 3D Kapal Barge

2.5 Perhitungan Tahanan Kapal dan Daya Efektif Kapal Metode Simulasi Numerik

Perhitungan menggunakan simulasi numerik dilakukan menggunakan software *Orca 3D*, dimana software *Orca 3D* merupakan software plugin dari *Rhinoceros* yang memiliki spesialisasi dibidang *naval architecture*. Pembuatan model 3D, analisa *hydrostatic*, *stability* dan *speed/power prediction* bisa dilakukan menggunakan software *Orca 3D*. Untuk paper ini analisa prediksi tahanan kapal dan daya efektif kapal dilakukan menggunakan metode *Holtrop 1984*, dimana hasil analisa dari *Orca 3D* untuk analisa tahanan dihasilkan beberapa output antara lain:

- *Froude number* (Fn)
- Koefisien tahanan friksi (Cf)
- Koefisien tahana sisa (Cr)
- Prediksi tahanan *bare hull* kapal
- Perhitungan total efektif power (PE)
- Prediksi tahanan total
- *Volumetric Froude number* (Fv)
- Perhitungan total propulsi power (PP)

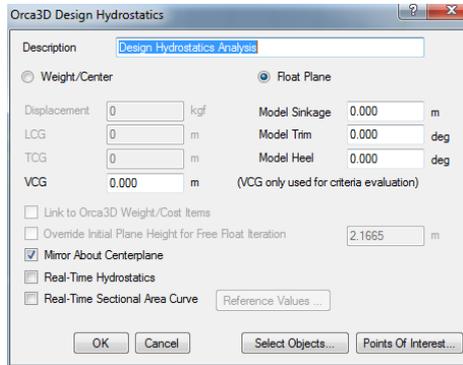
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Design Hydrostatic Analysis

Langkah pertama setelah menggambar kapal dalam bentuk 3D adalah menentukan design *hydrostatic* kapal. Pada software *Orca 3D* tampilan menu *Design Hydrostatic Analysis* ditampilkan

seperti pada gambar 10. Pada paper ini parameter yang dimasukkan adalah,

- Model sinkage = 0 m
- Model trim = 0 m
- Model heel = 0 m
- VCG = 0 m

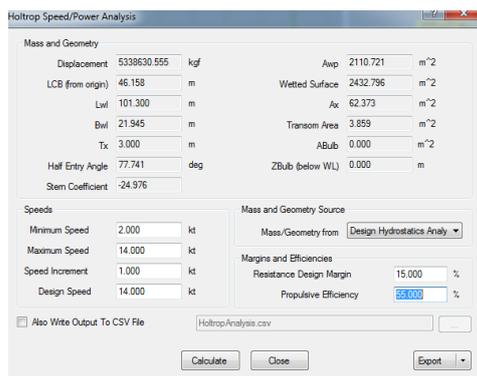


Gambar 10. Design Hydrostatic Kapal Barge

3.2 Holtrop Speed/Power Analysis

Setelah menentukan *design hydrostatic* maka dapat dilanjutkan dengan melakukan prediksi kecepatan dan daya sesuai metode Holtrop, dimana pada software Orca 3D tampilan menu Holtrop *Speed/Power Analysis* tampak seperti pada gambar 11. Dari hasil desain gambar 3D dan *design hydrostatic* maka nilai untuk *mass and geometry* sudah diperhitungkan oleh software, sedangkan untuk kecepatan, pada paper ini parameter yang dimasukkan adalah:

- Minimum speed = 2 knot
- Maximum speed = 14 knot
- Speed increment = 1 knot
- Design speed = 14 knot

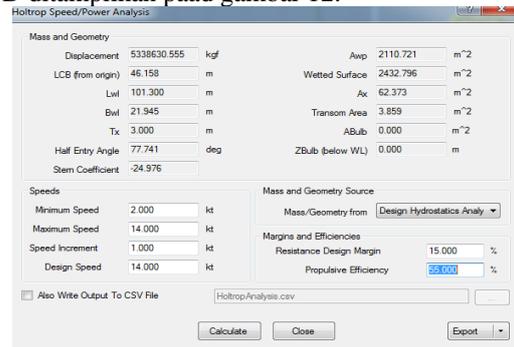


Gambar 11. Holtrop Speed Analysis Kapal Barge

3.3 Margins and Efficiencies

Menurut [11] dalam papernya menjelaskan bahwa *service speed* dan *power engine* dapat dihitung menggunakan pendekatan dari kapal yang beroperasi pada air tenang (*calm water*). Pada paper ini untuk *sea margin* menggunakan pendekatan 15% dan untuk propulsi efisiensi menggunakan

pendekatan 55%, untuk tampilan pada software Orca 3D ditampilkan pada gambar 12.



Gambar 12. Sea Margin dan Propulsive Efficiency Kapal Barge

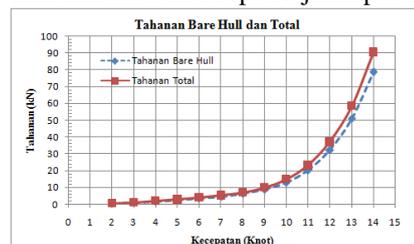
3.4 Hasil Analisa Perhitungan Tahanan Metode Holtrop

Hasil analisa dari perhitungan tahanan metode Holtrop menggunakan Orca 3D mendapatkan hasil yang disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Analisa Metode Holtrop

Kecepatan (knot)	Fn	R. Bare (kN)	R. Total (kN)
2	0.03	0.44	0.51
3	0.05	0.94	1.08
4	0.07	1.60	1.84
5	0.08	2.42	2.78
6	0.10	3.39	3.90
7	0.11	4.57	5.25
8	0.13	6.15	7.07
9	0.15	8.60	9.90
10	0.16	12.82	14.74
11	0.18	20.10	23.12
12	0.20	32.15	36.98
13	0.21	50.95	58.59
14	0.23	78.57	90.35

Dari hasil analisa numerik metode Holtrop pada tabel 3 disajikan berurutan dari kolom pertama adalah kecepatan (knot), kolom kedua adalah *Froude number* (Fn), kolom ketiga adalah tahanan *bare hull* (kN) dan kolom keempat adalah tahanan total kapal (kN). Untuk lebih memperjelas tabel 2 maka dibuatkan grafik hubungan antara kecepatan dan tahanan kapal baik *bare hull* dan tahanan total. Grafik tahanan metode Holtrop disajikan pada grafik 1.



Grafik 1. Tahanan Bare Hull dan Total Kapal Barge

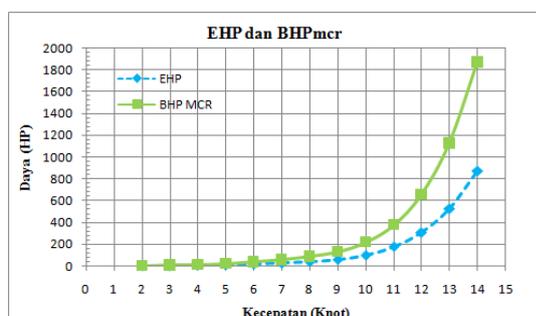
3.5 Perhitungan Kebutuhan Daya Mesin

Setelah mengetahui tahanan total kapal maka dapat mencari kebutuhan daya untuk mesin yang nantinya akan dipasang pada kapal. Untuk perhitungan efektif horse power (EHP) mengikuti kaidah rumus 5, untuk perhitungan delivered horse power (DHP) mengikuti kaidah rumus nomer 7, untuk perhitungan shaft horse power (SHP) mengikuti kaidah rumus nomer 8 dan untuk perhitungan BHPmcr mengikuti kaidah rumus nomer 9. Dari perhitungan total disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Daya Mesin

Kecepatan (knot)	EHP (HP)	DHP (HP)	SHP (HP)	BHPmcr (HP)
2	0.70	1.27	1.27	1.49
3	2.23	4.04	4.05	4.77
4	5.07	9.20	9.22	10.85
5	9.58	17.38	17.42	20.50
6	16.14	29.27	29.34	34.52
7	25.37	46.02	46.13	54.27
8	39.01	70.75	70.93	83.45
9	61.44	111.43	111.71	131.42
10	101.71	184.46	184.93	217.57
11	175.44	318.18	318.99	375.28
12	306.13	555.18	556.59	654.81
13	525.50	953.03	955.45	1124.06
14	872.67	1582.65	1586.68	1866.68

Dari hasil tabel 4 maka dibuatkan grafik yang menunjukkan perbandingan antara efektif horsepower (EHP) dan BHPmcr dan disajikan pada grafik 2.



Grafik 2. EHP dan BHPmcr Kapal Barge

4. KESIMPULAN

Dari kajian diatas maka dapat diketahui tahanan kapal bare hull dan tahanan total, dimana dengan mengetahui tahanan kapal total maka dapat memperhitungkan kebutuhan engine/mesin yang akan dipasang pada Kapal Barge untuk wahana angkut ALPO.

Dimana dari hasil analisa menggunakan Software Orca 3D didapatkan prediksi tahanan kapal total menggunakan metode Holtrop untuk kecepatan kapal 2 knot adalah 0.51 kN, sedangkan untuk kecepatan kapal 14 knot tahanan total mencapai 90.35 kN, dari hasil tahanan total ini dihitung EHP untuk kecepatan 2 knot sebesar 0.7 HP dan untuk

kecepatan 14 knot sebesar 872.67 HP. Untuk BHPmcr pada kecepatan 2 knot sebesar 1.49 HP dan pada kecepatan 14 knot sebesar 1899.68 HP.

Dari hasil ini maka pilihan engine/mesin yang sesuai untuk kapal barge adalah mesin yang memiliki minimum kapasitas/ daya ≥ 1900 HP.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tidak lupa disampaikan kepada Balai Teknologi Hidrodinamika, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) yang telah mengijinkan menggunakan software Rhinoceros dan Orca 3D berlisensi orisinal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktur Teknik dan Lingkungan ESDM, "Pembongkaran Platform Lepas Pantai di Indonesia," 2018.
- [2] SKK Migas, "Abandonment and Site Restoration," 2018.
- [3] P. ONWJ, "Looking for an Effective and Efficient Decommissioning Method," 2018.
- [4] S. Y. Jeong, K. Choi, K. J. Kang, and J. S. Ha, "Prediction of ship resistance in level ice based on empirical approach," *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 9, no. 6, pp. 613–623, 2017.
- [5] A. G. Elkafas, M. M. Elgohary, and A. E. Zeid, "Numerical study on the hydrodynamic drag force of a container ship model," *Alexandria Eng. J.*, 2019.
- [6] H. Islam and G. Soares, "Effect of trim on container ship resistance at different ship speeds and drafts," *Ocean Eng.*, vol. 183, no. May, pp. 106–115, 2019.
- [7] M. Kim, O. Hizir, O. Turan, S. Day, and A. Incecik, "Estimation of added resistance and ship speed loss in a seaway," *Ocean Eng.*, vol. 141, no. May, pp. 465–476, 2017.
- [8] E. Suwarni and I. K. A. Pria Utama, "Analisis Komparatif Hambatan Kapal Katamaran Pada Perairan Dangkal, Medium Dan Dalam," *Wave J. Ilm. Teknol. Marit.*, vol. 7, no. 2, p. 37, 2012.
- [9] J. Holtrop and G. . Mennen, "An Approximate Power Prediction Method," *MARIN*, no. 1982, pp. 166–170, 1982.
- [10] R. P. and G. ITTC, "Predicting Powering Margins," *ITTC*, vol. 7.5-02, no. 03–01.5, pp. 1–10, 2017.
- [11] T. Szlangiewicz and K. Żelazny, "Ship service speeds and sea margins," *Zesz. Nauk. Akad. Morskiej w Szczecinie*, vol. nr 48 (120, no. 120, pp. 43–50, 2016.

~HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN~