

STUDI PERANCANGAN *DRILLSHIP* untuk EKSPLOITASI MINYAK di WILAYAH SELAT MAKASSAR

Mohammad Ganesha Husada¹, Deddy Chrismianto², Ari Wibawa Budi Santosa³

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia 50275
Email: ganeshausada@students.undip.ac.id, deddychrismianto@yahoo.com, arikapal75@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang melimpah akan kekayaan alam, salah satunya dibuktikan dengan tersebarinya minyak dan gas bumi. Produksi minyak mentah Indonesia menempati urutan ke-22 terbesar dunia dengan produksi sebesar 707 ribu barel per hari (BPH) per November 2020. Salah satu wilayah dengan cadangan minyak adalah Selat Makassar yang terdapat beberapa lapangan minyak di perairan dalam (*offshore*). Oleh karena itu potensi tersebut seharusnya dimaksimalkan dengan cara dieksploitasi menggunakan *offshore platform* seperti *drillship*. *Drillship* merupakan kapal yang dilengkapi dengan peralatan pengeboran untuk eksploitasi minyak di perairan dalam. Kapal ini memiliki keunggulan karena dirancang dapat berpindah tempat ketika cadangan minyak di tempat sebelumnya telah habis. Tujuan penelitian ini yaitu merancang *drillship* yang disesuaikan dengan Selat Makassar. Perancangan *drillship* dilakukan dengan metode *parent design approach* yang kemudian dianalisa hambatan, stabilitas dan olah gerak kapal. *Drillship* dirancang dengan LOA 235,2 m, LPP 219,4 m, lebar 42 m, sarat 12 m, tinggi 19 m, Cb 0,79 dan kecepatan 12 knot. Analisa hambatan menggunakan metode Holtrop didapatkan nilai hambatan sebesar 564,4 kN. Analisa stabilitas dilakukan berdasarkan 6 kondisi muatan kapal didapatkan hasil yang memenuhi kriteria IMO. Kemudian analisa olah gerak kapal dianalisa berdasarkan kondisi perairan Selat Makassar untuk mengetahui nilai *heaving*, *pitching*, dan *rolling*.

Kata Kunci : Selat Makassar, Perancangan, *Drillship*, Analisa Stabilitas, IMO

Abstract

Indonesia is a rich country in oil and natural gas. Indonesia's crude oil production ranks 22nd largest in the world, with the production of 707 thousand barrels per day (BPH) as of November 2020. One of the areas with oil reserves is the Makassar Strait, which has several oil fields in deep waters (*offshore*). Therefore, this potential needs to be maximized by exploiting it through offshore platforms such as *drillships*. A *drillship* is a ship equipped with drilling equipment for oil exploitation in deep waters. This ship has the advantage because it is designed to move when the oil reserves in the previous place are exhausted. The purpose of this research is to design a *drillship* suitable for the Makassar Strait. The design of the *drillship* is carried out using the parent design approach method, which is then analyzed for resistance, stability, and ship motion. The *drillship* is designed with LOA 235.2 m, LPP 219.4 m, width 42 m, draft 12 m, height 19 m, Cb 0.79, and speed 12 knots. Analysis of resistance using the Holtrop method obtained a resistance value of 564.4 kN. Analysis of stability is based on 6 loading conditions of the ship, the results obtained met the IMO criteria. Then, the analysis of ship motion is based on the water conditions of the Makassar Strait to determine the value of *heaving*, *pitching*, and *rolling*.

Keywords : Makassar Strait, Planning, *Drillship*, Stability Analysis, IMO

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia memiliki luas 1.916.906,77 km² dan pulau sebanyak 17.491. Dengan luas yang sedemikian besar, Indonesia dikaruniai kekayaan alam yang melimpah. Salah satunya yaitu melimpahnya minyak dan gas bumi. Diperkirakan produksi minyak mentah Indonesia sebesar 707 ribu barel per hari (BPH) per November 2020. Oleh karena itu Indonesia menjadi negara produsen minyak mentah urutan ke-22 terbesar dunia. Adanya

minyak dan gas bumi tersebut seharusnya dapat dikelola dengan baik guna memenuhi kebutuhan konsumsi energi dunia yang semakin meningkat. Tentunya untuk mengelola minyak dan gas bumi memerlukan proses panjang. Proses tersebut diantaranya yaitu eksplorasi, eksploitasi dan produksi.

Minyak dan gas bumi tersebar di berbagai wilayah Indonesia yang terkandung di kawasan daratan (*onshore*) dan di kawasan lepas pantai (*offshore*). Salah satu wilayah yang memiliki cadangan minyak yaitu di Selat Makassar. Pemerintah Indonesia melalui SKK Migas berupaya mengembangkan proyek

eksploitasi minyak di Selat Makassar yang dinamakan *Indonesia Deepwater Development* (IDD) meliputi 4 wilayah kerja yaitu WK Makassar Strait, WK Rapak, WK Ganal, dan WK Muara Bakau. [1].

Untuk mengembangkan eksploitasi minyak di Selat Makassar yang berlokasi di laut dalam dibutuhkan fasilitas khusus berupa anjungan lepas pantai (*offshore platform*). Melihat karakteristik Selat Makassar yang memiliki beberapa lapangan minyak maka digunakan *offshore platform* yang dapat beroperasi di berbagai tempat ketika sudah selesai beroperasi di satu tempat sebelumnya. Salah satu *offshore platform* yang relevan digunakan adalah *drillship* yang merupakan kapal khusus dilengkapi dengan alat pengeboran. Kapal ini dirancang untuk pengeboran minyak atau sumur gas di perairan dalam. Kinerja operasional *newbuild drillship* di Selat Makassar telah dibahas pada penelitian sebelumnya. Penelitian tersebut melakukan pengkajian mengenai kemungkinan eksploitasi minyak menggunakan *drillship* di Selat Makassar yang memiliki kedalaman air laut hingga 7000 kaki [2].

Dalam pengoperasian *drillship* ketika proses pengeboran akan dilengkapi dengan menara pengeboran (*derrick*). Kemudian pada bagian bawah lambung kapal terdapat bukaan (*moonpool*) untuk memberikan akses kedalam laut yang difungsikan untuk pengeboran [3]. Selain itu untuk sistem penggerak kapal dan mempertahankan posisi kapal diatas sumur pengeboran digunakan *dynamic positioning system* (DPS) [4]. Dengan menggunakan DPS maka *drillship* memiliki keuntungan apabila dibandingkan *offshore platform* lain yang hanya bisa beroperasi di satu tempat dan setelah cadangan minyak di tempat tersebut habis harus dilakukan proses *decommissioning*. Proses tersebut merupakan kegiatan untuk menutup fasilitas dan memulihkan kondisi lingkungan sekitar fasilitas dalam siklus proyek minyak dan gas bumi. Tentunya proses *decommissioning* membutuhkan biaya besar dan teknis yang tidak mudah.

Pada penelitian serupa membahas kapal pengeboran yang dirancang untuk beroperasi di perairan laut Jawa didapatkan ukuran utama kapal yaitu panjang 155,60 m, lebar 28,10 m, tinggi 14,10 m, dan sarat 8,56 m [5]. Pada penelitian tersebut dilakukan perancangan awal *drillship*, namun pada penelitian ini peneliti akan melakukan penelitian lebih dalam tentang perancangan *drillship* yang dirancang khusus untuk eksploitasi minyak di Selat Makassar. Dalam penelitian ini peneliti akan merancang terkait fungsi utama kapal pada sistem pengeboran dan penggerak kapal. Selain itu akan dilakukan analisa hambatan, hidrostatis, stabilitas dan olah gerak pada *drillship* yang dirancang.

2. METODE

Perancangan *Drillship* menggunakan metode *parent design approach* dengan menjadikan satu kapal sejenis sebagai acuan kapal pembanding yang mempunyai kriteria sesuai dengan *drillship* yang akan dirancang. Perancangan kapal dilakukan dengan membuat model lambung yang kemudian dianalisa hambatan, hidrostatis, stabilitas, dan olah gerak kapal.

2.1 Objek Penelitian

Pada penelitian ini objek yang digunakan meliputi penggunaan data primer, sekunder serta literasi yang menjadi dasar penelitian. Data primer yang digunakan yaitu data kapal pembanding dengan tipe lambung *monohull* dengan mempertimbangkan kondisi Selat Makassar yang menjadi tempat kapal beroperasi. Sedangkan data sekunder berupa literatur dan *rules* perancangan kapal.

Tabel 1. Data Kapal Pembanding (Samsung GF 1200)

Item	Dimensi
<i>Length Between Perpendicular</i>	219,4 m
<i>Breadth</i>	42 m
<i>Depth</i>	19 m
<i>Draft</i>	12 m

2.2 Variabel Penelitian

Perancangan *drillship* dalam penelitian ini difokuskan pada hasil analisa yang ditentukan dari penentuan ukuran utama kapal yang sesuai dengan karakteristik wilayah Selat Makassar.

Parameter yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Kecepatan kapal yang dijadikan acuan yaitu 12 knot
- Tinggi gelombang yang akan digunakan diantaranya 1 (*slight*), 1,875 (*moderate*), dan 3 (*rough*) dan spektrum gelombang yang digunakan adalah JONSWAP
- Penentuan Ukuran utama didasarkan pada *Owner Requirement* menyesuaikan wilayah operasi yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Owner Requirements*

Item	Variabel
Bentuk Lambung	<i>Monohull</i>
Sarat Kapal	12 meter
Kecepatan Maksimum	12 Knots
Akomodasi	200 <i>crew</i>
Kedalaman Pengeboran	> 7000 kaki

2.3 Drillship

Drillship merupakan jenis kapal yang dilengkapi dengan peralatan pengeboran.

Berdasarkan fungsinya *drillship* digunakan khusus untuk kegiatan eksplorasi dan eksploitasi lapangan minyak baru atau sumur gas di perairan dalam, selain itu kapal ini dapat digunakan untuk pengeboran ilmiah. Pada versi awal kapal ini dibangun dengan memodifikasi lambung dari kapal *tanker*.

Namun saat ini *drillship* telah dirancang dengan desain yang sesuai pada tujuannya [6].

Drillship tergolong sebagai bangunan anjungan lepas pantai (*offshore platform*) berjenis anjungan terapung (*Mobile Offshore Drilling Unit / MODU*). *Drillship* dirancang sebagai *offshore platform* yang dapat berpindah tempat ketika cadangan minyak di tempat sebelumnya telah habis. Kemampuan ini menjadi suatu keuntungan karena

kemampuannya yang beroperasi di berbagai ladang minyak lepas pantai tanpa bantuan kapal lain. Apabila dibandingkan dengan *offshore platform* yang lain, *drillship* memiliki kapasitas penyimpanan yang lebih besar khususnya pada daerah dek kapal. Selain itu kapal ini tidak membutuhkan *anchor tugs*. *Drillship* juga mampu menempuh jarak jauh dalam waktu relatif singkat.

Untuk mendukung operasionalnya, *drillship* dilengkapi dengan sistem *positioning* yang dinamis (*dynamic positioning*) guna mempertahankan posisi kapal tetap di atas sumur yang dibor. *Dynamic positioning system* adalah sistem untuk mempertahankan posisi kapal terhadap satu titik di dasar laut dengan menggerakkan unit-unit *thruster* (pendorong) di kapal sesuai dengan sinyal [7].

2.4 Analisa Hambatan

Analisa hambatan kapal merupakan faktor yang penting ketika merancang suatu kapal. Hambatan atau tahanan kapal yaitu gaya yang bekerja pada kapal dari arah berlawanan dari kapal, sehingga akan melawan gerakan kapal. Semakin kecil nilai hambatan suatu kapal akan memberikan banyak dampak positif terhadap operasional kapal yang dirancang. Analisa hambatan pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak khusus hambatan kapal.

2.5 Rencana Umum

General Arrangement atau rencana umum didefinisikan sebagai perancangan serta perencanaan secara fungsional ruangan-ruangan yang dibutuhkan. Yang dimaksud ruangan adalah ruangan fungsional seperti ruang muat, ruang kamar mesin serta akomodasi ABK yang biasanya disebut dengan bangunan atas kapal atau *superstructure*. Selain perencanaan tersebut direncanakan juga penempatan peralatan-peralatan dan letak jalan serta perlengkapan khususnya untuk proses eksploitasi minyak. Pada penelitian ini rencana umum kapal dirancang menggunakan perangkat lunak yaitu CAD.

2.6 Hidrostatik

Pada penelitian ini dilakukan analisa hidrostatik dengan cara pembuatan lengkung hidrostatik yang digunakan untuk menunjukkan karakteristik atau sifat-sifat dari badan kapal terutama yang tercelup di dalam air. Dengan kata lain untuk mengetahui sifat-sifat karene. Hasil berupa table dan grafik yang mewakili karakteristik kapal seperti displacement, LCB, LCF, TPC, MTC, WPA, WSA, KB, KM.

2.7 Analisa Stabilitas

Stabilitas kapal didefinisikan ketika terjadinya peristiwa kapal mengoleng dan memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu kapal dalam keadaan miring. Untuk stabilitas sendiri dilakukan analisa perhitungan menggunakan *software* khusus analisa stabilitas. Karakteristik stabilitas kapal pada penelitian ini diharapkan dapat memenuhi standar yang baik ketika *drillship* beroperasi. Selanjutnya analisa stabilitas dilakukan menggunakan standar ketentuan yang terdapat pada *International Maritim Organization (IMO) Intact Stability Code (IS Code) 2008* [8] yaitu Code A.749 *section 3* untuk kapal secara umum yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Stabilitas IMO

<i>Criteria</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>All Ship</i>		
<i>Area 0 to 30; (>)</i>	3,151	m.deg
<i>Area 0 to 40; (>)</i>	5,157	m.deg
<i>Area 30 to 40; (>)</i>	1,719	m.deg
<i>Max GZ 30 or greater; (>)</i>	0,2	m
<i>Angle maximum GZ; (>)</i>	25	deg
<i>Initial GMt; (>=)</i>	0,15	m
<i>Pasenger crowding: angle of equilibrium (>=)</i>	10	deg
<i>Angle of steady heel (<=)</i>	16	deg
<i>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle (<=)</i>	80	%

2.8 Olah Gerak Kapal

Dalam menganalisa olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau hanya gerakan yang mampu direspon oleh kapal sendiri, diantaranya *rolling, heaving, pitching*. Kapal bergerak sejatinya disebabkan karena adanya faktor dari luar kapal itu sendiri. Dalam mendapatkan perlakuan dari gelombang, kapal mengalami dua jenis gerakan yaitu gerakan rotasi yang terdiri dari *rolling, pitching, yawing* serta gerakan linear yang meliputi *surging, swaying, heaving*. Dalam arti yang luas, olah gerak mencakup semua fitur dari kapal yang memengaruhi kemampuannya untuk dapat berlayar pada semua kondisi. Mencakup stabilitas, kekuatan, kemampuan bermanuver dan ketahanan (*endurance*) dan juga pergerakan dari kapal.

Dalam menganalisa olah gerak digunakan kriteria olah gerak sebagai standar kelayakan apakah performa dari kapal ketika sedang beroperasi dapat memberikan kenyamanan, keamanan, dan keselamatan untuk *crew* dan penumpang. Pada penelitian ini menggunakan standar kriteria olah gerak Olson (1978) [9].

Tabel 4. Kriteria Olah Gerak Olson (1978)

No	Item
1	<i>12° single amplitude roll</i>
2	<i>3° single amplitude average pitch</i>
3	<i>Significant heave acceleration ≤ 0,4 g</i>
4	<i>Significant heave acceleration ≤ 0,2 g</i>

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Ukuran Utama

Penentuan ukuran utama *Drillship* menggunakan metode *parent design approach* dari satu kapal pembanding yang terdaftar dalam badan klasifikasi. Kapal pembanding yang digunakan adalah kapal dengan bentuk lambung *monohull*. Pemilihan kapal pembanding didasarkan dengan kebutuhan eksploitasi minyak di wilayah Selat Makassar. Selain itu kapal tentunya dirancang berdasarkan *owner requirement* yang menjadi

batasan dalam perancangan. Setelah dilakukan perhitungan dan telah dipastikan sesuai dengan *owner requirement* maka berikut rincian ukuran utama kapal baru yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Ukuran Utama *Drillship*

Item	Dimensi
<i>Length Between Perpendicular</i>	219,4 m
<i>Breadth</i>	42 m
<i>Depth</i>	19 m
<i>Draft</i>	12 m
<i>Speed</i>	12 knot
<i>Coefficient Block</i>	0.79

Kemudian hasil yang telah didapat dilakukan penyesuaian terhadap parameter yang ada menggunakan batas atas seta batas bawah yang sesuai dengan standar deviasi dari hubungan regresi kapal sampel yang diciptakan oleh Strohbusch, 1971, dan diperbarui oleh Papanikolaou dengan menggunakan *IHS Fairplay World Shipping Encyclopedia*, v.12.01, 2011 [10]. Ukuran utama yang telah dihasilkan tersebut harus memenuhi parameter optimasi yang telah ditentukan seperti C_P , C_M , C_B , C_{WP} dan juga rasio perbandingan ukuran utama yang akan sangat memengaruhi performa kapal seperti L_{pp}/B dan L_{pp}/H . Parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

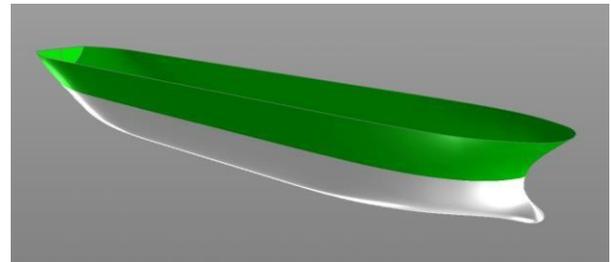
Tabel 6. Parameter Dimensi Kapal

Item	Parameter	Hasil Perhitungan	Ket.
C_P	0.79-0.83	0.79	<i>pass</i>
C_M	0.992-0.996	0.994	<i>pass</i>
C_B	0.78-0.86	0.79	<i>pass</i>
C_{WP}	0.88-0.92	0.89	<i>pass</i>
L_{pp}/B	5.0-6.5	5.224	<i>pass</i>
L_{pp}/H	10.5-12.8	11.547	<i>pass</i>

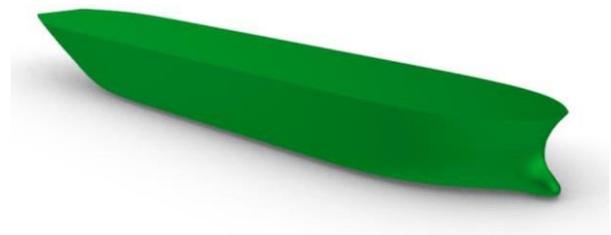
3.2 Pemodelan Lambung Kapal

Pemodelan pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan beberapa perangkat lunak pemodelan. Dalam pemodelan lambung yang dilakukan digunakan acuan model awal dengan bentuk lambung *monohull* yang telah

disediakan oleh perangkat pemodelan yang kemudian akan disesuaikan dengan hasil penentuan ukuran utama sesuai dengan tabel 5. Gambar 1 merupakan model awal sebelum dilakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak pemodelan.



Gambar 1. Model Awal Lambung Kapal

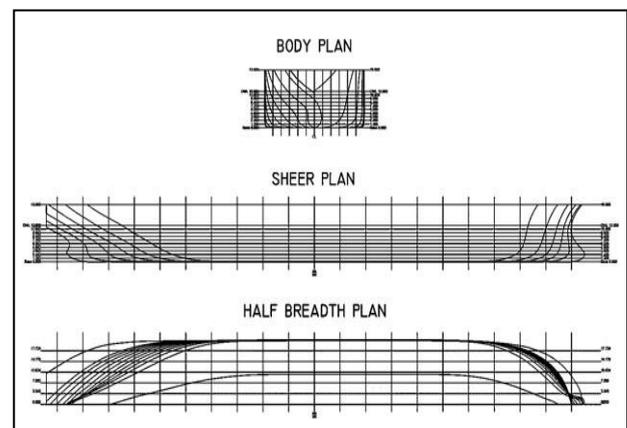


Gambar 2. Hasil Modifikasi Model Lambung

Gambar 2 merupakan hasil modifikasi model lambung yang telah disesuaikan dengan hasil penentuan ukuran utama pada tabel 5.

3.3 Rencana Garis

Berdasarkan hasil-hasil yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya, maka didapatkan rencana garis dari *drillship* yang dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

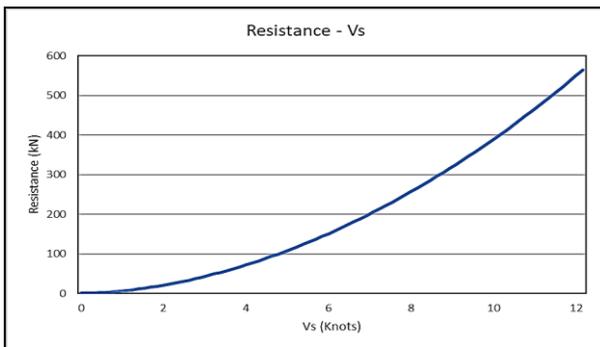


Gambar 3. Rencana garis *Drillship*

Gambar 3 merupakan rencana garis dari *drillship* dengan membagi model kapal menjadi 10 *waterline*, 5 *buttock line*, dan 20 *station*. Ukuran utama kapal yaitu panjang LOA 235,2 m, LPP 219,4 m, LWL 224,26 m, B 42 m, T 12 m, H 19 m, dan Cb 0,79.

3.4 Analisa Hambatan

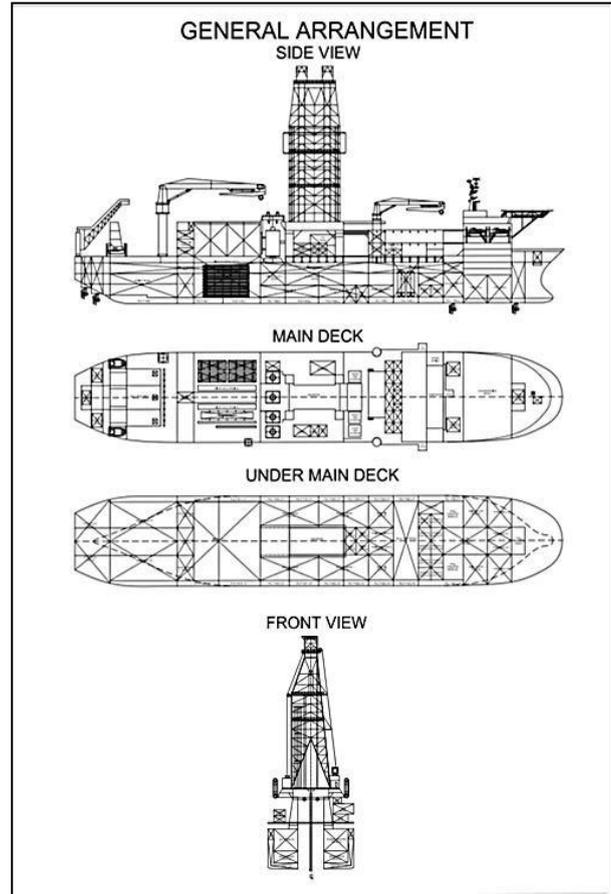
Analisa hambatan dilakukan menggunakan *software* yang dikhususkan untuk menganalisa hambatan kapal. *Drillship* dianalisa dengan menggunakan metode Holtrop pada kecepatan dinas yaitu 12 knot. Setelah dilakukan analisa perhitungan hambatan menggunakan metode Holtrop didapatkan nilai hambatan terbesar pada kecepatan 12 knots adalah sebesar 564,4 kN. Hasil analisa dapat dilihat pada gambar 4.



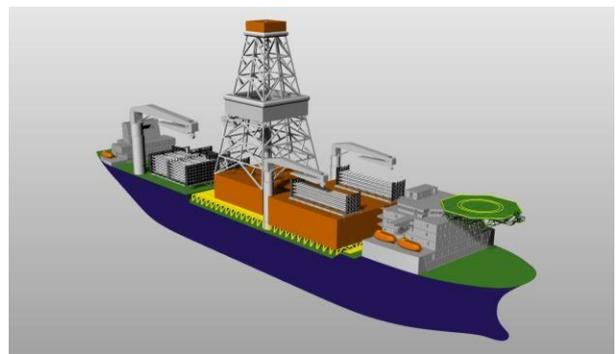
Gambar 4. Grafik Hasil Analisa Hambatan

3.5 Rencana Umum

Dalam rencana umum *drillship* ini, selain didasarkan hasil dari tahapan sebelumnya perancangan ini mengikuti regulasi *rules* ABS untuk *drillship*. Kapal ini dirancang untuk beroperasi di wilayah Selat Makassar dan dapat melakukan perjalanan dari pelabuhan *base* yaitu Pelabuhan Semayang, Balikpapan yang berjarak 200 nm (*nautical miles*) dari tempat pengeboran. Pada tahap ini dilakukan perencanaan secara fungsional ruangan-ruangan seperti ruang muat, kamar mesin dan ruang akomodasi. Selain itu secara spesifik dirancang perlengkapan untuk pengeboran yaitu *derrick*, *pipe rack* dan *crane*. Gambar *general arrangement* dan model 3d kapal dapat ditinjau pada gambar 5 dan gambar 6.



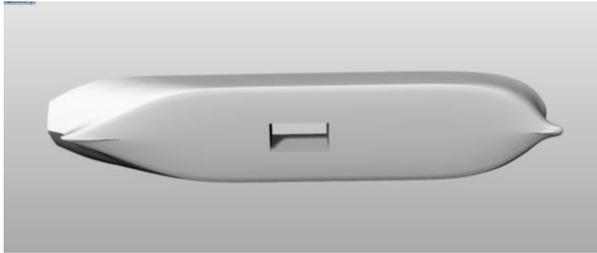
Gambar 5. Rencana Umum *Drillship*



Gambar 6. Tampak Model 3D *Drillship*

3.5.1 Moonpool

Moonpool merupakan bukaan di dasar lambung kapal untuk memberikan akses ke dalam laut yang digunakan ketika proses pengeboran minyak. *Moonpool* dirancang dengan Panjang 25,6 m dan lebar 12.5 m yang dimana ukuran *moonpool* ditetapkan berdasarkan data acuan kapal pembanding dan *rules* badan klasifikasi. Bentuk 3d model dari *moonpool* dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Bentuk Moonpool

3.5.2 Menara Pengeboran (Derrick)

Derrick merupakan instalasi peralatan untuk pengeboran ke dalam reservoir bawah tanah untuk memperoleh air, minyak dan gas bumi, atau deposit mineral. Pada perancangan *drillship* ini menggunakan NOV “Dual Derrick” ukuran 210 ft x 80 ft x 60 ft.

Tabel 7. Spesifikasi Derrick

Type	NS3472 / ENV 1993-1-1
Safe working load (SWL)	7000 kg
Weight, dry	8750 kg (excluding weight of rails)
	28400 kg (including weight of rails)

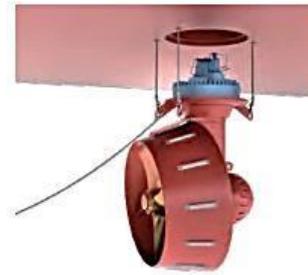
3.5.3 Dynamic Positioning System

Dalam mendukung operasional *drillship* ketika proses pengeboran kapal ini dilengkapi dengan *dynamic positioning system* (DPS). Sistem ini digunakan untuk mempertahankan posisi kapal di atas sumur yang dibor dengan menggerakkan unit-unit *azimuth thruster*.

Untuk menentukan spesifikasi dari *thruster* yang digunakan terlebih dahulu harus diketahui jumlah *thruster* yang digunakan. Pada perencanaan *drillship* ini akan menggunakan 6 unit *thruster* (3 terletak di bagian depan dan 3 di bagian belakang kapal). Sebelumnya dihitung *power* dari mesin yang dibutuhkan untuk menggerakkan *thruster* sebesar 8000 kW dengan *input speed* 750 rpm. Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan spesifikasi *thruster* seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Spesifikasi Thruster pada DPS

Prop. Diameter	4100 mm
Input Speed (RPM)	750 rpm
Power thruster	55000 kW
Thrust	95 – 102 mtons



Gambar 8. Unit Thruster DPS (Rolls Royce)

3.6 Hidrostatik Kapal

Perhitungan lengkung hidrostatik didapatkan kurva yang menunjukkan sifat-sifat badan kapal dibawah garis air. Kurva hidrostatik digambarkan sampai dengan kondisi kapal tenggelam dan tidak trim.

Tabel 9. Perhitungan Hidrostatik Kapal

No	Draft Amidship	11.733	Unit
1	Displacement	90000	t
2	Heel	0	deg
3	Draft at FP	11.733	m
4	Draft at AP	11.733	m
5	Draft at LCF	11.733	m
6	Trim (+ve by stern)	0	m
7	WL Length	224.253	m
8	Beam max extents on WL	42.546	m
9	Wetted Area	12144.56	m ²
10	Waterpl. Area	8322.333	m ²
11	Prismatic coeff. (Cp)	0.812	
12	Block coeff. (Cb)	0.784	
13	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.966	
14	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.872	
15	LCB from zero pt. (+ve fwd)	116.28	m
16	LCF from zero pt. (+ve fwd)	111.484	m
17	KB	6.212	m
18	KG	12	m
19	BMt	12.68	m
20	BML	317.475	m
21	GMt	6.892	m
22	GML	311.687	m
23	KMt	18.892	m
24	KML	323.687	m
25	Immersion (TPc)	85.304	tonne/cm
26	MTc	1277.264	tonne m
27	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	10825.52	tonne m
28	Max deck inclination deg	0	deg
29	Trim angle (+ve by stern) deg	0	deg

3.7 Analisa Stabilitas

Analisa stabilitas yang dilakukan pada penelitian ini secara khusus menggunakan perangkat lunak analisa stabilitas kapal. Analisa stabilitas direncanakan menggunakan kondisi yang telah disesuaikan dengan keadaan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pengeboran. Proses analisa stabilitas menggunakan bantuan perangkat lunak dan hasil perhitungan berat baja serta susunan tangki yang telah disusun, pada tahap ini performa stabilitas kapal diuji pada tiap sudut kemiringan dari 0° sampai dengan 90°.

Sebelum menganalisa stabilitas kapal telah ditentukan *load case* yang nantinya dianalisa stabilitasnya. *Load case* kapal direncanakan menjadi 6 kondisi sesuai keadaan kapal ketika beroperasi. *Load case* 1 merupakan kondisi kapal *light ship* atau tanpa muatan. *Load case* 2 merupakan kondisi muatan kapal ketika melakukan operasi pengeboran dengan berat *payload* / muatan penuh. *Load case* 3 merupakan kondisi kapal ketika melakukan operasi pengeboran dengan *payload* penuh namun *consumable* dan FWT telah berkurang menjadi 70% akibat aktivitas permesinan dan *crew* kapal. *Load case* 4 merupakan kondisi kapal ketika *payload* penuh dengan *consumable* dan FWT menyisakan 50% dan kapal diisi *ballast* 25%. *Load case* 5 merupakan kondisi muatan kapal ketika selesai melakukan operasi pengeboran dan dalam perjalanan kembali menuju pelabuhan *base*. *Load case* 6 merupakan kondisi muatan kapal ketika kapal akan tiba pada pelabuhan *base*. Tabel *load case* yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. *Loadcase 6* Kondisi Kapal

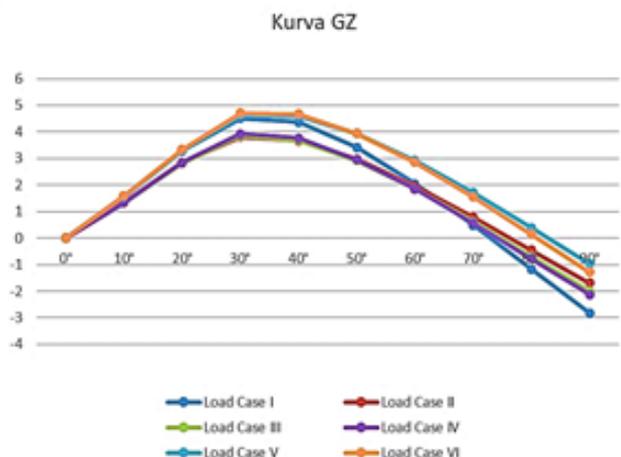
Kondisi	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
LWT	1	1	1	1	1	1
<i>Payload</i>	0%	100%	100%	100%	0%	0%
<i>Consumable</i>	0%	100%	70%	50%	50%	10%
FWT	0%	100%	70%	50%	50%	10%
<i>Ballast</i>	0%	0%	0%	25%	100%	100%
<i>AP Tank</i>	0%	0%	0%	25%	100%	100%
<i>FP Tank</i>	0%	0%	0%	25%	100%	100%

Hasil analisa stabilitas kapal dapat dilihat pada tabel 11, hasil analisa ini berdasarkan dengan 6 kondisi yang direncanakan dan dengan demikian hasil tersebut menunjukkan semua kondisi kapal telah memenuhi kriteria *Intact Stability Code* [8].

Tabel 11. Hasil Analisa Stabilitas

Code	IMO	Actual					
	Minimum	LC 1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6
All Ship							
<i>Area 0° to 30°</i>	3,151 m.de	71.73	61.56	61.45	62.1	72.50	73.44
<i>Area 0° to 40°</i>	5,157 m.deg	117.19	99.76	100.06	101.38	119.45	121.28
<i>Area 30° to 40°</i>	1,719 m.deg	45.46	38.20	38.60	39.33	46.95	47.85
<i>Max GZ at 30°/Greater</i>	0,20 m	4.61	3.87	3.92	4	4.74	4.84
<i>Angle of maximum GZ</i>	25 deg	33.60	33.6	32.70	32.7	34.5	34.5
<i>Initial GMt</i>	0.15 m	8.737	7.52	7.44	7.48	8.84	8.92
Passenger							
<i>Crowding: angle of equilibrium</i>	10 deg	0	0	0	0	0	0
<i>Angle of steady heel</i>	16 deg	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<i>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle</i>	80%	0.43	0.38	0.39	0.40	0.39	0.40
Special Criteria for certain type of ships, offshore supply vessel							
<i>GZ Area Between 0 and angle of Max GZ</i>	3,151 deg	88.40	75.58	72.09	72.90	93.86	95.23
<i>Area 30° to 40°</i>	1,719 deg	45.46	38.20	38.60	39.33	46.95	47.85
<i>Max GZ at 30°/Greater</i>	0,20 deg	4.61	3.87	3.92	4	4.74	4.84
<i>Angle of maximum GZ</i>	15 deg	33.60	33.6	32.70	32.7	34.5	34.5
<i>Initial GMt</i>	0.15m	8.737	7.52	7.44	7.48	8.84	8.92
STATUS		PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS

Dengan kondisi muatan kapal yang didasarkan pada tabel 10 dan mengacu pada kriteria stabilitas yang telah ditentukan pada tabel 3 maka didapatkan kurva perbandingan nilai GZ pada ke enam kondisi muatan kapal serta hasil analisa stabilitas kapal.



Gambar 9. Kurva Perbandingan Nilai GZ Pada *Loadcase 1 - 6*

Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada gambar 9 dapat dianalisa bahwa nilai GZ (*righting arm*) tinggi terjadi pada *load case* 5 dan 6 dimana pada *load case* tersebut kapal dikondisikan hanya terisi penuh pada tangki *ballast* yang terletak pada *bottom* membuat nilai KG kapal lebih rendah, sedangkan pada saat *load case* 2,3,4 kapal dikondisikan sedang mengangkut muatan penuh baik pada tangki muat maupun pada geladak sehingga menyebabkan nilai KG meningkat dan mengakibatkan nilai GZ berkurang namun tetap memenuhi kriteria stabilitas, dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa jarak vertikal akumulasi pusat massa atau KG berpengaruh terhadap performa stabilitas kapal yang mana nilai KG juga dipengaruhi oleh peletakan muatan atau beban secara vertikal.

3.8 Analisa Olah Gerak

Analisa olah gerak kapal dilakukan dengan perangkat lunak khusus analisa olah gerak kapal. Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi *wave heading* yaitu 45°, 90°, 135°, dan 180° dengan tiga variasi tinggi gelombang pada *spectrum* JONSWAP yaitu 1 meter, 1.875 meter, dan 3 meter pada kecepatan 12 knot. Perhitungan olah gerak dievaluasi dengan standar kriteria yang telah ditentukan.

Tabel 12. Kondisi gelombang perairan

No	Wave Height (m)	Dipilih	Wave Period	Description
1	0,5 – 1,25	1	7,5	Slight
2	1,25 – 2,5	1,875	8,8	Moderate
3	2,5 – 4,0	3	9,7	Rough

Berdasarkan tabel 12 diketahui kondisi gelombang perairan yaitu berupa tinggi gelombang dan periode gelombang sesuai dengan tempat dimana kapal beroperasi. Setelah dilakukan analisa menggunakan perangkat lunak didapatkan hasil analisa olah gerak yang menyatakan bahwa item-item yang tertera yaitu *heaving*, *rolling*, dan *pitching* menunjukkan bahwa nilai tersebut telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan yaitu

kriteria olah gerak Olson 1978 berdasarkan tabel 4. Hasil analisa olah gerak kapal yang mencakup *heaving*, *rolling*, dan *pitching* ditunjukkan pada tabel 13.

Tabel 13. Hasil Analisa Olah Gerak

Item	Wave Heading (deg)	RMS				max value
		1	1,875	3	unit	
Heaving	45	0.052	0.142	0.275	m	
	90	0.268	0.534	0.818	m	
	135	0.05	0.196	0.42	m	
	180	0.022	0.1	0.26	m	
Rolling	45	2.59	4.26	6.21	deg	Max 12°
	90	0.39	0.97	1.96	deg	
	135	0.13	0.3	0.59	deg	
	180	0	0	0	deg	
Pitching	45	0.11	0.33	0.63	deg	Max 3°
	90	0.074	0.24	0.44	deg	
	135	0.071	0.24	0.49	deg	
	180	0.038	0.16	0.4	deg	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah selesai dilakukan maka didapatkan hasil beberapa kesimpulan terkait dengan perancangan *drillship* untuk eksploitasi minyak di wilayah Selat Makassar diperoleh rancangan kapal dengan ukuran utama panjang LOA 235,2 m, LPP 219,4 m, LWL 224,3 m, lebar 42 m, sarat 12 m, tinggi 19 m, Cb 0,79 dan kecepatan 12 knot. Berdasarkan analisa hambatan menggunakan metode Holtrop diperoleh hambatan kapal pada kecepatan dinas 12 knot dengan nilai sebesar 564,4 kN.

Analisa stabilitas pada 6 kondisi kompartemen kapal mampu memenuhi kriteria IMO IS Code [8]. Kemudian untuk analisa olah gerak pada kondisi gelombang perairan sesuai dengan tempat kapal beroperasi didapatkan analisa olah gerak semua item telah memenuhi kriteria olah gerak Olson (1978) [9].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SKK Migas, "Laporan Tahunan 2019 SKK Migas," no. 1, pp. 1–16, 2019.
- [2] Y. R. Costamte, H. Siswanto, H. B. Mustafa and R. Durachman, "Operational Performance On Newbuild Drillship At Deepwater Makassar Strait, Indonesia," *Indonesian Petroleum Association*, 2015.
- [3] J. Yoo and S. H. Choi, "Performance of Drillship with Moonpool and Azimuth Thrusters," *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, vol. 41, no. 6, 2004
- [4] S. Go, Y. Ahn, and H. Seo, "A Study on the Powering Performance of Drillship in Transit Mode with Azimuth Thrusters," *Third International Symposium on Marine Propulsors smp'13 Australia*, 2013.
- [5] D. Nur Agnesa, D. Chrismianto, and B. Arswendo, "Studi Rancang Drillship Perairan Laut Jawa Indonesia," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [6] I. D. Gede and A. D. I. Surya, "Studi Respons Dinamis Dan Kekuatan Struktur Lambung Drillship Untuk Operasi Pengeboran Di Lepas Pantai," *J. Teknik Kelautan ITS Surabaya*, 2015
- [7] M. Inegiyemiema and V. E. Odokwo, "Preliminary Design of Dynamic Positioning System for A Drillship," *American Journal of Engineering Research*, 2021.
- [8] International Maritime Organization, "Intact Stability Code (IS Code)," no. 01, p. 4, 2008
- [9] S. R. Olson, "An Evaluation of The Seakeeping Qualities of Naval Combatants," *Naval Engineering Journal*, vol. 90, pp. 23–40, 1978.
- [10] A. Papanikolaou, "Ship Design: Methodologies of Preliminary Design," *Ship Design : Method. of Preliminary Design*, pp. 1–628, 2014.