

Muammar Kadhafi

Dosen
Universitas Brawijaya
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Email: muammar_kadhafi@ub.ac.id

Sunardi

Dosen
Universitas Brawijaya
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Email: sunardi@ub.ac.id

Agus Triono

Dosen
Universitas Jember
Fakultas Teknik
Email: agus.triono@unej.ac.id

Wahida Kartika Sari

Dosen
Universitas Brawijaya
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Email wahidaks@ub.ac.id

STUDI KARAKTERISTIK STABILITAS DAN KONSTRUKSI KAPAL BERBAHAN HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)

The development of fishing and marine tourism requires the support of naval architecture, especially in small boat. The use of wood as the main material for shipbuilding has recently become a problem considering the decreasing availability of wood, while the use of fiber is classified as less environmentally friendly because it uses chemical resin and difficult to repair when it breaks and cannot be recycled. The aim of this research is to design the High-Density Polyethylene (HDPE) boat. The design was carried out by using naval architect design software. The stability of boat was calculated by using three loading conditions such as when leaving the port, in the sea and when returning to the port. The International Maritime Organization (IMO) safety criteria was using to evaluation of boat stability where the three loading conditions have met the IMO standard. The construction of HDPE boat was carried out by using DNV rules.

Keywords: HDPE Boat, Fishing, Tourism, Stability, Construction.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan penghasil sampah plastik kedua terbesar di dunia setelah China yaitu sebesar 3.22 juta ton per tahun [1]. Sekitar 0,48-1,29 juta ton dari sampah plastik tersebut diduga mencemari lautan [2]. Upaya mengurangi dampak negatif limbah sampah plastik dilakukan melalui penyadaran kepada masyarakat melalui penyuluhan [3], penerapan teknologi melalui pembuatan alat pengolahan [4] serta hilirisasi dalam bentuk produk lain seperti bahan bakar melalui proses pirolisis [5,6]. Sampah plastik tersebut umumnya berasal dari kemasan baik makanan maupun minuman dengan berbagai jenis plastik yang biasanya disimbolkan dengan angka 01 sampai 07 yang dikelilingi symbol panah lengkung segitiga yang menandakan bahwa material plastik tersebut dapat di daur ulang. Tujuh jenis plastik tersebut secara berurutan yaitu *polyethylene terephthalate* (PET), *high-density polyethylene* (HDPE), polivinil klorida (PVC), low-density polyethylene (LDPE), polypropylene (PP), Polystyrene (PS), dan lain-lain (polikarbonat, akrilik serta kopoliester) [3]. Dibandingkan dengan jenis plastik lainnya, HDPE memiliki sifat mekanik yang memungkinkan untuk dimanfaatkan lebih lanjut dalam bidang Teknik [4]. Sifat HDPE tersebut antara lain keras dan semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, *permeable* terhadap gas, mudah diwarnai, tidak korosif, serta mudah diproses dan dibentuk [5].

Secara umum berdasarkan jumlah lambung, desain kapal dibagi menjadi tiga yaitu, lambung tunggal (mono hull), lambung ganda (catamaran), dan lambung tiga (trimaran) [6]. Sedangkan berdasarkan intact stability atau perhitungan stabilitas kapal utuh (tidak bocor), desain lambung kapal dibagi menjadi model lambung planning, Hydrofoil Craft, *Small Waterplane Area Hull* (SWATH), *Air Cushion Vehicles* (ACV), dan *Surface Effect Ship* (SES) [7]. Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk kembali kepada posisi stabil setelah mengalami gaya luar [8]. Perhitungan stabilitas mengikuti rules yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) A. A.749(18) Ch3 [9]. Desain kapal ikan dengan lambung tunggal telah dikembangkan oleh Damen Shipyard Belanda dengan kekhasan desain dimana bagian ujung depan lambung kapal berbentuk vertikal hampir 90° [10]. Desain ini kemudian diadopsi dalam desain kapal ikan hibrida berbahan dasar HDPE [11]. Keuntungan desain bagian depan lambung kapal ini adalah kemudahan dalam proses pembuatan lambung kapal karena tidak terdapat lekukan yang ekstrim. Desain kapal HDPE juga telah dikembangkan oleh Nekton Bot Inc. Turki dan Pioneer Boats Inggris, dimana Nekton Bot menggunakan metode pengelesan sedangkan Pioneer Boats menggunakan metode molding dalam proses pembuatannya. Sehingga penelitian ini akan membuat desain kapal HDPE dengan mengkombinasikan desain lambung kapal dari Damen

Shipyards dengan desain lambung kapal HDPE milik Nekton Bot Inc. dan Pioneer Boats.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode parametrik disain dibantu perangkat lunak. Desain dan perhitungan stabilitas kapal dibuat menggunakan perangkat lunak Maxsurf versi *student*. Ukuran utama kapal ditentukan berdasarkan tabel persyaratan *range* rasio ukuran utama kapal. Setelah mendapat ukuran utama kapal yang memenuhi kriteria, maka dilakukan pembuatan rencana garis kapal dengan model bentuk lambung sesuai dengan keinginan. Setelah tahapan desain selesai, maka langkah selanjutnya adalah mengecek apakah desain tersebut telah memenuhi kriteria keselamatan berupa stabilitas atau belum, jika belum maka harus dilakukan perbaikan desain.

3. HASIL DAN DISKUSI

Desain dan evaluasi stabilitas kapal dilakukan melalui dua tahapan penting, yaitu rencana garis kapal dan perhitungan stabilitas statis kapal. Berikut ditampilkan hasil dan diskusi dari penelitian ini.

3.1 Rencana Garis Kapal

Tahapan awal dari perencanaan kapal adalah menganalisis ukuran utama kapal, apakah telah sesuai dengan standard dan ketentuan khususnya terkait dengan rasio antara panjang, lebar, tinggi dan syarat air kapal. Ukuran utama kapal yang akan dibuat adalah:

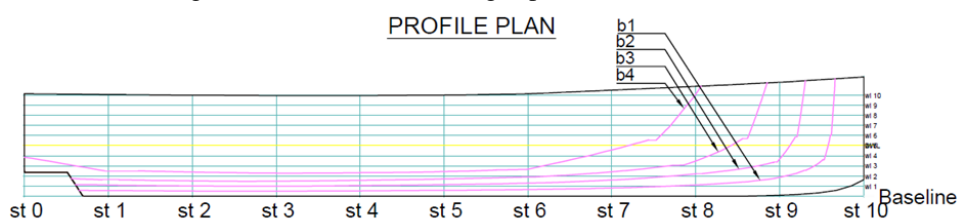
Panjang (Lpp)	= 10 m
Lebar (B)	= 2,5 m
Tinggi (H)	= 1,2 m
Sarat air (T)	= 0,6 m

Selanjutnya dilakukan pengecekan ukuran utama kapal seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Pengecekan ini dilakukan agar ukuran utama kapal memenuhi kelayakan rasio ideal untuk sebuah kapal.

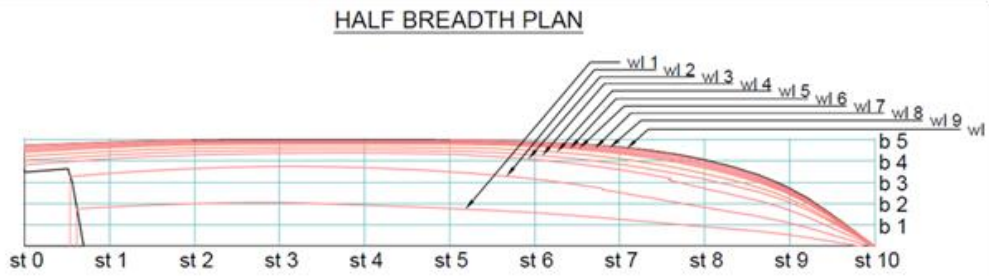
Tabel 1: Rasio perbandingan ukuran utama kapal.

KETERANGAN	VALUE	RANGE	STATUS
Lpp	4,000	$3,5 <L/B > 10$	OK
B	2,083	$1,8 <B/T > 5$	OK
H	16,666	$10 <L/T > 30$	OK
T	8,333	$1,2 <L/H > 9$	OK

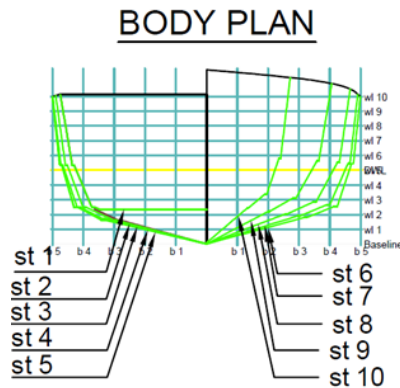
Berdasarkan hasil pengecekan pada tabel range rasio ukuran utama, maka ukuran panjang, lebar, tinggi dan syarat air kapal yang akan dibuat telah memenuhi syarat. Selanjutnya dilakukan desain awal berupa rencana garis kapal pada perangkat lunak khusus desain kapal Maxsurf dengan memasukkan ukuran utama. Gambar rencana garis kapal ditampilkan dalam tiga tampilan yaitu gambar *profile plan* yang ditunjukkan pada Gambar 1, gambar *half breadth plan* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan gambar *body plan* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Gambar *profile plan* mewakili tampak samping kapal dengan memperlihatkan profil irisan memanjang kapal sejajar panjang kapal. *Half breadth plan* memperlihatkan tampak rencana garis kapal jika dilihat dari atas dengan irisan garis yang menggambarkan garis air kapal sepanjang sumbu z atau tinggi kapal. Sedangkan *body plan* memperlihatkan rencana garis kapal jika dilihat dari depan dan dari belakang, dimana seolah-olah kapal diiris melintang sepanjang sumbu x dan sejajar sumbu y. Desain kapal ini memiliki *Coefficient Block (CB)* sebesar 0,578, koefisien ini menunjukkan bentuk lambung kapal dimana semakin mendekati nilai angka 1, maka bentuk lambung kapal semakin mendekati bentuk balok [12].



Gambar 1: *Profile plan*.



Gambar 2: Half breadth plan.



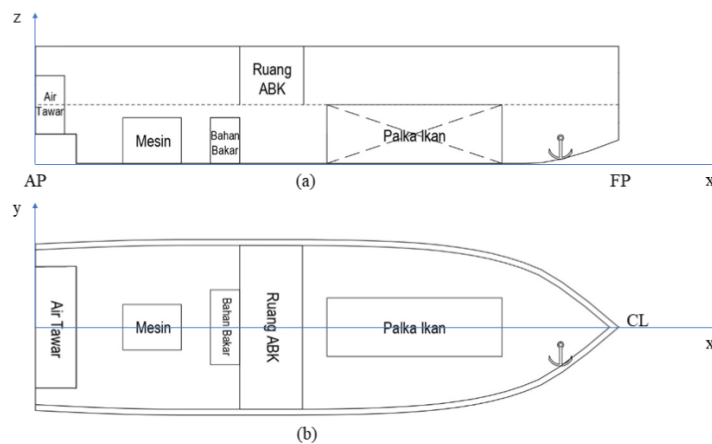
Gambar 3: Body plan.

3.2 Analisis stabilitas statis kapal

Perhitungan stabilitas menjadi salah satu komponen penting dalam desain kapal. Stabilitas menjadi tolak ukur apakah kapal yang dibuat sudah memenuhi standar keselamatan ataupun belum. Perhitungan stabilitas dilakukan dengan tiga skenario kondisi pemuatan. Sesuai dengan desain kapal untuk penumpang, maka kondisi pemuatan dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Load Case 1 kondisi saat kapal berangkat
2. Load Case 2 kondisi saat kapal sampai di fishing ground
3. Load Case 3 kondisi kapal pulang ke fishing base

Penempatan beban pada kapal ditunjukkan oleh Gambar 4, dimana palka ikan ditempatkan dibagian depan agar operasi penangkapan ikan lebih leluasa dan luas area palka lebih maksimal. Ruang Anak Buah Kapal (ABK) berada dibagian tengah, hal ini dilakukan karena pada bagian tengah kapal tingkat kenyamanan penumpang lebih tinggi dimana gerakan anggukan kapal (*pitching*) tidak dominan. Kemudian berturut-turut dibagian adalah tanki bahan bakar, mesin dan persediaan air tawar.



Gambar 4: Penempatan beban: (a) tampak samping, (b) tampak atas

Berikut adalah hasil dan pembahasan dalam tiga kategori tinjauan yang meliputi distribusi pembebanan, tinjauan stabilitas statis dan pengecekan stabilitas menurut standar keselamatan IMO. Distribusi pembebanan ditunjukkan oleh Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2: Distribusi pembebanan pada *load case 1*

BEBAN	JUMLAH	BERAT (TON)	STATUS		
			MEMANJANG (SUMBU X-DARI AP)	MENINGGI (SUMBU Z-A.B.L.)	MELINTANG (SUMBU Y-DARI CL)
Berat Kapal	1	2,489	5,000	0,600	0,000
Ikan	1	0,000	6,500	0,500	0,000
ABK 6 orang	6	0,450	4,000	1,000	0,000
Mesin	1	0,500	2,000	0,300	0,000
Jangkar	1	0,030	9,000	0,000	0,000
Bahan Bakar	100%	0,381	3,250	0,209	0,000
Air Tawar	100%	0,798	0,250	0,472	0,000
BERAT TOTAL		4,648	LCG=3,647	VCG=0,587	

Berdasarkan hasil simulasi, distribusi muatan pada kondisi *load case 1* ditunjukkan oleh Tabel 2, dimana tampak bagaimana kapal pada kondisi setimbang, sarat kapal bagian belakang (AP) adalah 0,523 meter sedangkan sarat kapal bagian depan (FP) adalah 0,268 meter, dengan kata lain bagian belakang tercelup lebih banyak dibandingkan dengan bagian depan sehingga secara memanjang kapal mengalami trim buritan. Hal ini karena kondisi muatan kosong sedangkan dibagian belakang terdapat mesin kapal. Karena penempatan beban diupayakan titik beratnya berada tepat di *Center Line (CL)* maka nilai posisi melintang terhadap sumbu y semuanya adalah nol. Trim buritan juga terlihat dari posisi *Longitudinal Center Gravity (LCG)* pada 3,647 meter terhadap AP atau bagian belakang kapal. Sedangkan *Vertical Center Gravity (VCG)* berada pada 0,587 dari dasar kapal atau *baseline*.

Tabel 3: Distribusi pembebanan pada *load case 2*

BEBAN	JUMLAH	BERAT (TON)	STATUS		
			MEMANJANG (DARI AP)	MENINGGI (A.B.L.)	MELINTANG (FROM CL)
Berat Kapal	1	2,489	5,000	0,600	0,000
Ikan	1	0,500	6,500	0,500	0,000
ABK 6 orang	6	0,450	4,000	1,000	0,000
Mesin	1	0,500	2,000	0,300	0,000
Jangkar	1	0,030	9,000	0,000	0,000
Bahan Bakar	50%	0,190	3,250	0,209	0,000
Air Tawar	50%	0,399	0,250	0,472	0,000
BERAT TOTAL		4,559	LCG= 4,274	VCG= 0,564	

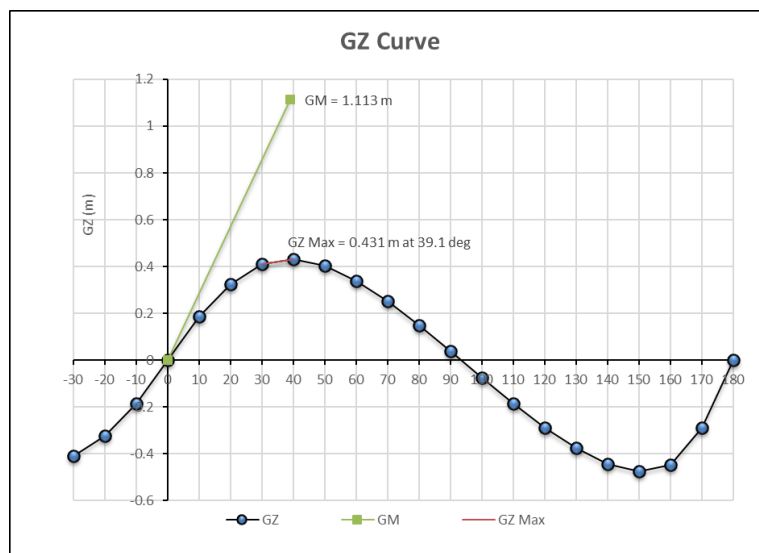
Distribusi muatan pada kondisi pemuatan *load case 2* ditunjukkan oleh Tabel 3. Pada kondisi ini bahan bakar telah terpakai sehingga tinggal 50%, namun berat kapal masih tetap karena belum ada penambahan muatan dari hasil tangkapan. Pengurangan bahan bakar juga menyebabkan pergeseran titik berat kapal secara memanjang, yang semula adalah 3,647 meter dari belakang (AP) menjadi 4,274 meter dari belakang (AP). Titik berat yang mendekati posisi tengah-tengah kapal menyebabkan tidak terjadi trim atau mendongaknya kapal baik mendongak kedepan maupun belakang. Pada bagian ini tampak bagaimana kapal pada kondisi setimbang, dimana sarat kapal bagian belakang (draft AP) adalah 0,413 meter sama dengan ketinggian sarat bagian depan (draft at FP) sebesar 0,413 meter, sehingga secara memanjang kapal tidak mengalami trim buritan maupun tim haluan. Kondisi setimbang ini disebabkan penambahan muatan ikan pada palka depan, sehingga muatan yang hilang akibat pengurangan bahan bakar dan air tawar digantikan oleh berat ikan hasil tangkapan. Meski demikian terjadi sedikit pengurangan muatan, sehingga titik berat meninggi kapal atau VCG mengalami perubahan dari 0,587 meter dari *baseline* menjadi 0,564 meter dari *baseline*.

Tabel 4: Distribusi pembebanan pada *load case 3*

BEBAN	JUMLAH	BERAT (TON)	STATUS		
			MEMANJANG (DARI AP)	MENINGGI (A.B.L.)	MELINTANG (FROM CL)
Berat Kapal	1	2,489	5,000	0,600	0,000
Ikan	1	1,000	6,500	0,500	0,000
ABK 6 orang	6	0,450	4,000	1,000	0,000
Mesin	1	0,500	2,000	0,300	0,000
Jangkar	1	0,030	9,000	0,000	0,000
Bahan Bakar	20%	0,076	3,249	0,131	0,000
Air Tawar	20%	0,160	0,250	0,360	0,000
BERAT TOTAL		4,705	LCG= 4,740	VCG= 0,566	

Tabel 4 menunjukkan sebaran pembebanan dan lokasi titik berat kapal. Pada bagian ini tampak bagaimana kapal pada kondisi setimbang, sarat kapal bagian belakang (draft AP) = 0,305 meter sama dengan ketinggian sarat bagian depan (draft at FP) = 0,305 meter, sehingga secara memanjang kapal tidak mengalami trim buritan maupun tim haluan. Pengurangan bahan bakar dan air tawar digantikan oleh penambahan muatan ikan pada kapal.

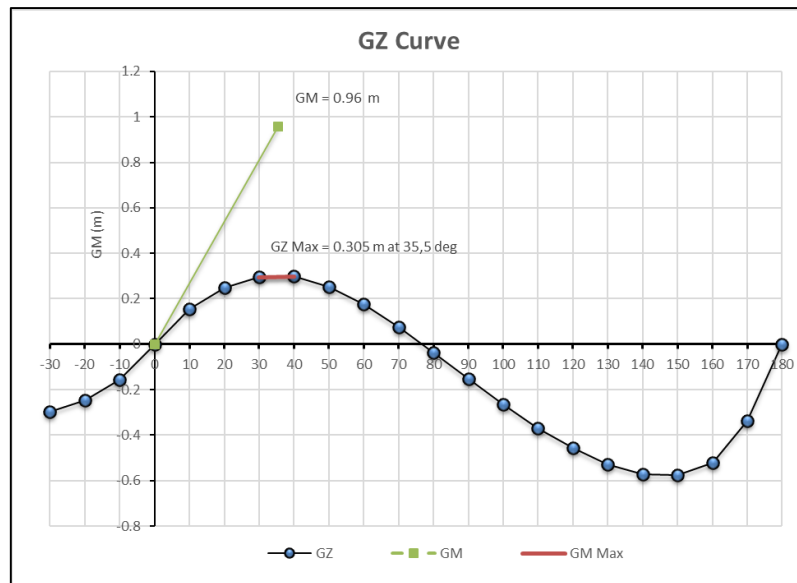
Kurva stabilitas untuk masing-masing *load case* ditunjukkan oleh Gambar 5 untuk *load case 1*, Gambar 6 untuk *load case 2* dan Gambar 7 untuk *load case 3*. Kurva stabilitas menyatakan lengan penegak (GZ) dan momen penegak (area dibawah kurva) untuk berbagai sudut oleng dari sudut 0° sampai dengan 180°. Sedangkan GM adalah perpotongan antara titik berat kapal (G) dengan titik *Metacenter* (M), yang menjadi pusat ayunan pada saat kapal mengalami oleng. Kurva GZ ini menunjukkan posisi oleng maksimum (GZ max) untuk tetap bisa kembali ke posisi semula. Berdasarkan gambar, untuk ketiga *load case*, titik hilang stabilitas kapal ketika kapal oleng diantara sudut 30° sampai dengan 40°. Pada *load case 1* titik maksimum hilangnya stabilitas kapal berada pada sudut 39,1°, artinya ketika kapal mengalami oleng melebihi sudut tersebut maka kapal tidak dapat kembali keposisi semula, dengan kata lain kapal dapat terguling.



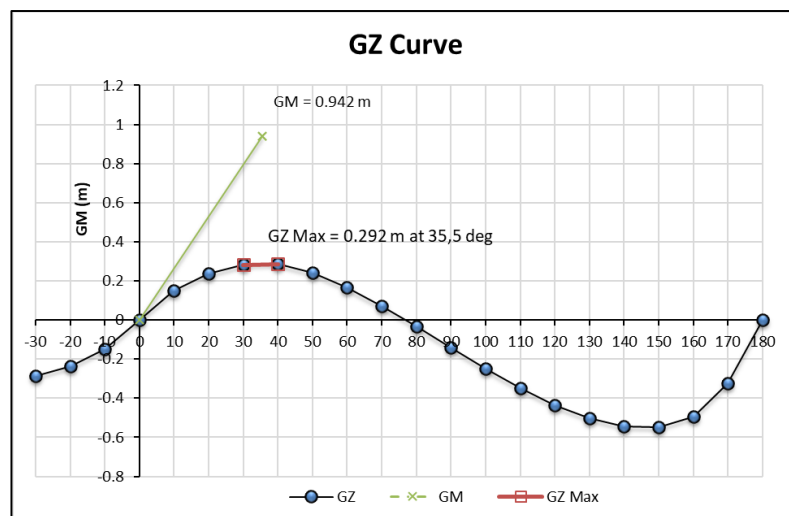
Gambar 4: Kurva stabilitas *load case 1*

Titik hilang stabilitas kapal untuk *load case 2* terjadi pada sudut 35,5°, jika dibandingkan dengan kondisi *load case 1*, maka terjadi pengurangan stabilitas dari sudut 39,1° ke sudut 35,5°. Hal tersebut bisa terjadi karena kondisi air laut yang lebih dinamis dibandingkan dengan *load case 1* saat kapal berada di pelabuhan. Kondisi *load case 3* adalah sama seperti pada *load case 2*, dimana titik hilang stabilitas kapal ketika kapal oleng berada pada sudut 35,5°. Penyebab lainnya karena terjadi pengurangan beban muatan bahan bakar, dimana bagian lambung kapal lebih sedikit yang tercelup sehingga menyebabkan sudut pengembali kapal saat oleng menjadi

berkurang. Pengurangan beban dan kondisi perairan yang lebih dinamis juga menyebabkan nilai titik ayun olang (GM) menjadi berkurang, yaitu 0,96 meter pada *load case 2* dan 0,94 pada *load case 3*.



Gambar 5: Kurva stabilitas *load case 2*



Gambar 6: Kurva stabilitas *load case 3*

Kriteria stabilitas mengacu pada ketentuan keselamatan kapal yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization (IMO) A. 749(18) Ch3, Design criteria applicable to all ships*. Berdasarkan perhitungan dengan aplikasi dibantu komputer, maka semua kriteria terpenuhi (*pass*). Dengan demikian untuk *load case 1* sampai dengan *load case 3*, stabilitas kapal telah sesuai dengan kriteria stabilitas yang telah ditetapkan IMO. Pengecekan berdasarkan kriteria stabilitas ditunjukkan oleh Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7. Kriteria yang dilakukan pengecekan meliputi luas minimum area dibawah kurva pada sudut olang 0^0 hingga 40^0 , panjang minimum lengan penegak (GZ) pada sudut $\geq 30^0$, sudut olang minimum kapal dan jarak minimal antara titik berat kapal terhadap titik *metacenter* kapal.

Tabel 5: Kriteria stabilitas *load case 1* menurut IMO

CODE	CRITERIA	VALUE	UNITS	ACTUAL	STATUS
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,151	m.deg	7,2619	Pass
	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,157	m.deg	11,5109	Pass
	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,719	m.deg	4,2489	Pass
	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,431	Pass
	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	39,1	Pass
	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	1,113	Pass

Tabel 6: Kriteria stabilitas *load case 2* menurut IMO

CODE	CRITERIA	VALUE	UNITS	ACTUAL	STATUS
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,151	m.deg	5,6263	Pass
	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,157	m.deg	8,6493	Pass
	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,719	m.deg	3,0230	Pass
	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,305	Pass
	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	35,5	Pass
	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	0,959	Pass

Tabel 7: Kriteria stabilitas *load case 3* menurut IMO

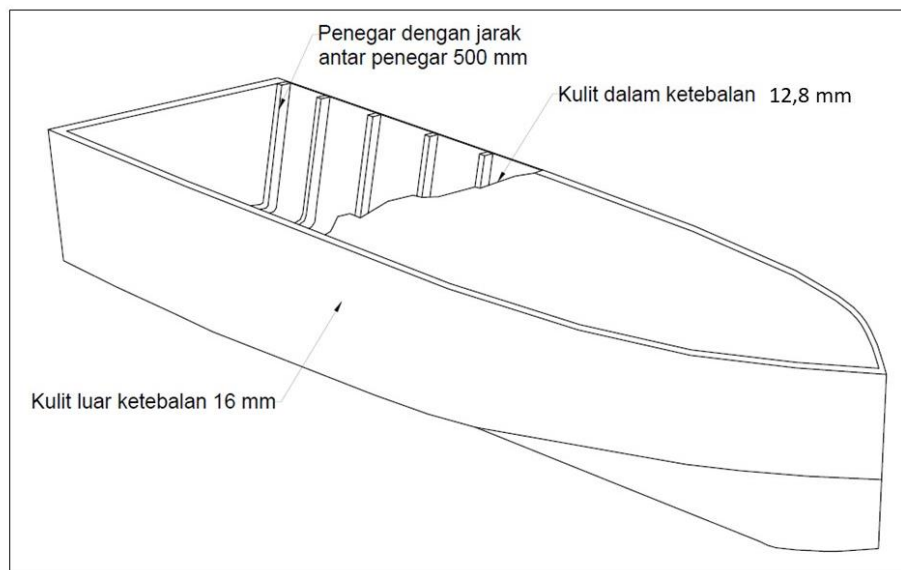
CODE	CRITERIA	VALUE	UNITS	ACTUAL	STATUS
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,151	m.deg	5,3945	Pass
	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,157	m.deg	8,2929	Pass
	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,719	m.deg	2,8984	Pass
	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,292	Pass
	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25	deg	35,5	Pass
	3.1.2.4: Initial GMt	0,15	m	0,942	Pass

3.3 Konstruksi kapal HDPE

Rencana konstruksi kapal HDPE mengacu pada aturan yang ditetapkan Det Norske Veritas (DNV) pada standard for certification No. 2.21 untuk material plastik [17] dan Tentative Rules for Polyethylene Craft [18]. Penentuan ketebalan material mengacu pada formula yang ditetapkan dalam standar tersebut seperti yang ditunjukkan oleh rumus 1.

$$t = k \cdot s \sqrt{\frac{PF}{L \cdot 6,7}} (14 + 3,6L) mm \quad (1)$$

Dimana t adalah ketebalan material lambung bagian luar, k adalah nilai konstanta sebesar 0,72 untuk material HDPE, s adalah jarak penegar (*stiffener spacing*) dalam meter yaitu sebesar 0,5 meter, PF adalah factor tekanan bagian bawah kapal (*pressure factor for bottom*) yaitu sebesar 50 dengan asumsi kapal melaju dengan kecepatan 15 knot, dan L adalah panjang kapal. Dengan memasukkan seluruh nilai parameter pada Rumus 1, maka diperoleh ketebalan material sebesar 16 mm atau 0,016 m. Sedangkan ketebalan material HDPE untuk lambung bagian dalam tidak boleh kurang dari 0,8t, dalam hal ini sebesar minimum 12,8 mm atau 0,0128 m. Metode konstruksi menggunakan sistem pengelasan plastik menggunakan peralatan las plastik. Metode ini lebih praktis jika dibandingkan dengan metode *molding* yang membutuhkan peralatan dan sarana pendukung yang lebih kompleks. Konstruksi kapal plastik HDPE ini diilustrasikan pada Gambar 7.



Gambar 7: Konstruksi kapal HDPE

4. KESIMPULAN

Studi karakteristik stabilitas kapal berbahan *high density polyethylene* (HDPE) telah dilakukan dengan menggunakan bantuan software Maxurf versi *student*. Studi pengecekan stabilitas dilakukan pada tiga kondisi pembebanan (*load case*), yaitu pada saat kapal berada di pelabuhan, pada saat kapal berlayar menuju *fishing ground* serta pada saat kapal kembali ke pelabuhan. Dari hasil studi stabilitas pada tiga kondisi pembebanan tersebut dapat disimpulkan bahwa desain kapal dengan ukuran utama panjang (L_{pp}) 10 m, lebar (B) 2,5 m, tinggi (H) 1,2 m dan sarat air (T) 0,6 m telah memenuhi standar stabilitas statis kapal dan juga telah memenuhi aspek kriteria keselamatan kapal yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO). Sementara konstruksi kapal HDPE menggunakan standar yang ditetapkan oleh DNV dengan spesifikasi ketebalan kulit bagian luar sebesar 0,016 m, kulit bagian dalam sebesar 0,0128 m, dan jarak antar penegar sebesar 0,5 m.

5. PERNYATAAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada LPPM Universitas Brawijaya yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Hibah Penelitian Pemula (HPP) 2020.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://theaseanpost.com/article/indonesias-plastic-waste-problem>, diakses pada 16/12/2019
- [2] RITCHIE, H., & ROSER, M. (2018). Plastic pollution. *Our World in Data*.
- [3] ANUGROHO, F., LUTFI, M., & NUGROHO, W. A. (2017). APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR COMMUNITY; RECYCLING OF PLASTIC TRASH IN PONOROGO. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 3(2), 476-485.
- [4] PRIHATMOYO, P. E., DERMAWAN, D., & BISONO, F. (2018, December). Rancang Bangun Mesin Destilator Pengubah Limbah Plastik Menjadi Minyak. In *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application* (Vol. 2, No. 1, pp. 105-110).
- [5] NURYOSUWITO, N., SOEPARMAN, S., WIJAYANTI, W., & SASONGKO, M. (2018). Pengaruh Campuran Sampah Plastik dengan Katalis Alam terhadap Hasil Produk Pyrolisis. *Rekayasa Mesin*, 9(2), pp. 85-91. doi:<https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.02.3>
- [6] WATI, R. F., WARDANA, I. N. G., WINARTO, W., SUKARNI, S., & PUSPITASARI, P. (2019). Pengaruh Penambahan Nanokatalis $MnFe_2O_4$ Terhadap Proses Pirolisis Sampah Plastik HDPE. *Rekayasa Mesin*, 9(3), 221-225.
- [7] ÖZKAN, K., ERGIN, S., İŞIK, Ş., & İŞIKLI, İ. (2015). A new classification scheme of plastic wastes based upon recycling labels. *Waste Management*, 35, 29-35.
- [8] BURGOYNE, C. (2009, July). Fibre reinforced polymers—strengths, weaknesses, opportunities and

threats. In Proceedings of the 9th international symposium on fiber reinforced polymer reinforcement for concrete structures (FRPRCS-9), Sydney, Australia (pp. 13-15).

- [9] SISWANDI, B., & ARYAWAN, W. D. (2017). High Density Polyethylene (HDPE) Vessel of Pompong as a Fishing Vessel for Bengkalis Fisherman. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, 3(2), 108-113.
- [10] DUBROVSKY, V., LYAKHOVITSKY, A., “Multi-hull ships”, 2001, ISBN 0-9644311-2-2, Backbone Publishing Co., Fair Lawn, USA, 495 p.
- [11] LEWIS, E. V. (1988). Principles of naval architecture second revision. *Jersey: SNAME*, 2.
- [12] RAWSON, K. J., & TUPPER, E. C. (2001). *Basic ship theory* (Vol. 1). Butterworth-Heinemann.
- [13] IMO A. 749.1995. Intact Stability For All Types of Ships. London: International Maritime Organization.
- [14] <https://products.damen.com/en/clusters/fishing-vessels>, diakses pada 20/12/2019
- [15] AMIRUDDIN, W. Analisis Teknis Ekonomis Penggunaan Kulit Plastik HDPE Sebagai Pengganti Kulit Kayu Pada Lambung Perahu Katamaran. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 16(1), 33-40.
- [16] BENFORD, H. (1991). Naval architecture for non-naval architects. Society of Naval Architects &.
- [17] VERITAS, D. N. (2010). STANDARD FOR CERTIFICATION No. 2.21.
- [18] LOYDU, T. (2014). Tentative Rules for Polyethylene Craft.