

Analisa pengaruh peletakan panel surya di atas *deck house* kapal ikan 30 GT terhadap keselamatan operasional penangkapan ikan

SHANTY MANULLANG^{1*}, RIZKY IRVANA², AYOM BUWONO³ dan MERCY PATANDA⁴

1. Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada, Jakarta Timur, 13450 email: laborashanty@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0003-0405-7138>
2. Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada, Jakarta Timur, 13450 email: risky_irvana@ftk.unsada.ac.id, <https://orcid.org/0009-0005-2955-6824>
3. Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada, Jakarta Timur, 13450 email: abuwono.energi@gmail.com <https://orcid.org/0000-003-3203-7848>
4. Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Satya Negara Indonesia, Jakarta selatan, 12240 email: patandamercy@gmail.com

Diterima: 2023-02-25; Disetujui: 2023-06-11; Dipublikasi: 2023-06-13

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the effect of laying solar panels on the deckhouse of small fishing vessels 30 GT. The additional load above which causes weight gain and will affect the ship's center of gravity is became the first effect of Fishing vessel stability. The second effect is on how the fishing vessel performs when there is a solar panel on the vessel. The data were collected by measuring the stability according to A.N Kyrylo's method with standard checks according to the IMO (International Marine Organization). Code on Intact stability calculated the ship motion by using the STRIP method and measuring the wave characteristics using the JONSWAP method with the help of Maxsurf software. The results of this research show that the installment of solar panels above the deckhouse does not really affect the stability, where the results were agreed to the IMO standard criteria. Moreover, the success of the fishing operation will be more visible if the vessels operated on waves under 2 meters due to the more stable movement according to its seakeeping performance.

Keywords: Fishing Vessel; Solar Panel; Stability; Ship Motion

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung pengaruh peletakan panel surya pada deck house kapal ikan berukuran 30 GT. Pengaruh pertama adalah terhadap stabilitas kapal karena menambah beban di atas yang menyebabkan penambahan berat dan akan mempengaruhi titik berat kapal. Pengaruh kedua adalah terhadap olah gerak kapal ikan tersebut bagaimana performanya ketika ada peletakan panel surya di atas kapal. Metode yang digunakan untuk menghitung stabilitas adalah menurut metode A.N Krylof dengan pengecekan standar dari IMO (Internasional Marine Organization) Code on Intact Stability. Metode untuk menghitung olah gerak kapal dengan menggunakan metode STRIP dan karakteristik gelombang menggunakan metode JONSWAP dengan bantuan software maxsurf. Peletakan solar panel diatas deck house tidak terlalu berpengaruh terhadap stabilitas dilihat dari hasil memenuhi kriteria IMO. Keselamatan operasi penangkapan akan lebih terlihat jika bekerja pada gelombang di bawah 2 meter karena jika lebih diatas 2 meter akan mengalami gangguan dari olengan kapal yang berlebih

Kata-kata kunci: Kapal Ikan; Solar Panel; Stabilitas; Olah Gerak Kapal

PENDAHULUAN

Kapal ikan merupakan wahana apung dimana beberapa aktivitas dapat dilakukan di atasnya.

Seperti misalnya sebagai alat transportasi saat membawa nelayan menuju ke dan kembali dari daerah penangkapan, sebagai alat pengangkut saat membawa nelayan, alat tangkap dan hasil tangkapan

* Penulis untuk penyuratan; e-mail: laborashanty@yahoo.com

dan sebagai wahana saat kegiatan pengoperasian kapal. Dalam rangka pemanfaatan sumber daya ikan di laut, para nelayan menggunakan berbagai jenis kapal penangkap ikan yang berbeda baik ditinjau dari ukuran maupun dari bahan baku pembuatan kapal. Kapal-kapal tersebut kondisinya juga sangat beragam, dari yang bersifat tradisional sampai dengan yang memanfaatkan teknologi maju yang terus disesuaikan sejalan dengan kemajuan dan perkembangan teknologi itu sendiri.

Fyson (1985), menjelaskan kapal ikan merupakan kapal yang dibangun untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan penangkapan ikan (fishing operation), menyimpan ikan, dan lain sebagainya yang didesain dengan ukuran, rancangan bentuk dek, kapasitas muat, akomodasi, mesin serta berbagai perlengkapan yang secara keseluruhan disesuaikan dengan fungsi dalam rencana operasi, sehingga perlu stabilitas yang baik

Nomura dan Yamazaki (1975) mengemukakan beberapa persyaratan teknis minimal dari kapal ikan yang berfungsi untuk operasi penangkapan, yakni:

1. Memiliki struktur badan kapal yang kuat
2. Menunjang keberhasilan operasi penangkapan
3. Memiliki stabilitas yang tinggi
4. Memiliki fasilitas penyimpanan hasil tangkapan ikan

Selain itu perlu diperhatikan beberapa aspek salah satunya aspek penting yang perlu diperhatikan adalah tentang kemampuan olah gerak akibat gelombang air laut pada perairan yang dilalui. Hal ini berkaitan dengan gerakan kapal yang merupakan respons suatu kapal dari gaya luar yang bekerja pada kapal tersebut. Gerakan yang ditimbulkan karena gaya luar yang bekerja atau gelombang air laut akan mempengaruhi keselamatan dan kenyamanan awak kapal ikan itu sendiri

Kapal ikan, alat tangkap ikan dan nelayan merupakan tiga faktor yang mendukung keberhasilan suatu operasi penangkapan ikan. Aktivitas menangkap ikan, terutama di laut merupakan kegiatan yang berisiko tinggi (Grainger, 1993).

Tingkat kecelakaan fatal (meninggal) awak kapal penangkap ikan di dunia, rata-rata 80 orang per 100.000 orang awak kapal sehingga meningkatkan perhatian badan internasional seperti International Maritime Organization (IMO), Food and Agriculture Organization (FAO) dan International Labour Organization (ILO) terhadap pentingnya peningkatan keselamatan dan ketenagakerjaan pada kapal penangkap ikan. Badan-badan dunia tersebut dengan melibatkan pihak tripartite, yakni

pemerintah, pemilik kapal dan pelaut perikanan telah mengadopsi suatu konvensi yang berkaitan dengan ketenagakerjaan yang layak (Suwardjo et.al., 2010).

Dengan melihat fungsi Kapal perikanan yang di nyatakan oleh Nomura dan Yamazaki (1975) maka dapat disimpulkan peletakan panel surya tersebut seharusnya tidak mengganggu keselamatan operasi penangkapan. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya, dimana pada tahapan kali ini di lakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari peletakan panel surya diatas kapal ikan terhadap keselamatan operasional penangkapan ikan .

METODE PENELITIAN

Objek dari penelitian ini adalah Data Kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT.

Metode pengambilan data

Teknik pengambilan menggunakan data sekunder. Data diperoleh dari KKP (Kementerian Perikanan dan Kelautan) berupa ukuran utama dan konsumabel seperti yang disajikan pada tabel 1.

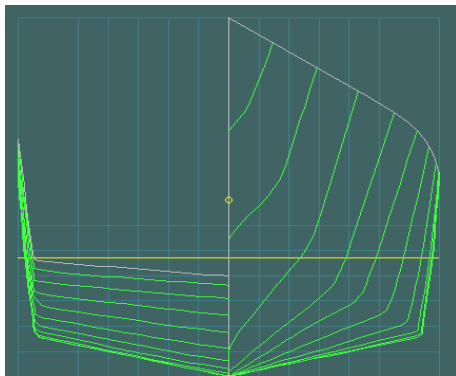
Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT

No.	Ukuran Utama	Satuan	30 GT
1	Panjang Keseluruhan (Loa)	M	20
2	Lebar (B)	M	4,3
3	Tinggi (H)	M	2
4	Sarat (T)	M	1,35
5	Lambung timbul (Fb)	M	0,65
6	Koefisien blok (Cb)	-	0,551
7	B/T	-	3,18
8	Fb/B	-	0,15
9	Awak	Orang	12
10	Kecepatan (Vs)	Knot	9

Tabel 2. Kebutuhan *Konsumable* Kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT

No	Item	Quantity	Berat Satuan (Kg)	Berat Total (Kg)
1	Air Tawar	2	750	1500
2	Bahan Bakar	2	1448	2975
3	Bekal	15	1,5	270
4	Crew & effect	12	75	900
5	Ikan dan es	2	6000	12000

Dari data ukuran utama dan konsumabel di atas akan diolah menjadi gambar rencana garis dan untuk kebutuhan analisa stabilitas dan olah gerak kapal.



Gambar 1. Lines Plane Kapal Ikan multipurpose 30 GT

Metode Analisis Data

Pengolahan data kapal dilakukan dengan menggunakan software Maxsurf.

Analisis data pada perhitungan stabilitas kapal digunakan formula dari A.N Krylof

$$F_B = g\Delta = \rho g \nabla$$

Tinggi metasentrik awal sama dengan perbedaan antara jari-jari metasentrik dan jarak antara pusat daya (B) apung dan gravitasi G.

$$GM_0 = BM_0 - GB$$

Radius metasenter melintang pada setiap inklinasi juga disebut perbedaan metasenter.

$$r_\varphi = B_\varphi M_\varphi = \frac{dI_{WL}}{d\nabla}$$

Radius metasentri melintang untuk posisi tegak yaitu :

$$r_0 = BM_0 = \frac{I_{WL}}{\nabla}$$

Dimana : I_{wl} = momen inersia dari *waterplane*.

Hubungan antara kedua persamaan tersebut adalah :

$$r_\varphi = r_0 + \nabla \frac{dr_0}{d\nabla}$$

Lengan stabilitas statis dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$GZ = y_{B\varphi} \cos \varphi + (z_{B\varphi} - Z_B) \sin \varphi - GB \sin \varphi$$

Dimana : $y_{B\varphi}, z_{B\varphi}$ adalah koordinat dari pusat daya apung.

Untuk sudut inklinasi yang kecil, hubungan antara GZ dan sudut miring diasumsikan berbanding lurus, kemudian momen penegak dapat dihitung dengan :

$$M_R = g\Delta GM_0 \varphi$$

Formula diatas disebut formula metasenter dari stabilitas. Untuk semua sudut kemiringan, momen penegak dapat dihitung dengan :

$$M_R = g\Delta GZ$$

Perbedaan dari lengan penegak dengan sudut inklinasi disebut generalisasi tinggi metasenter :

$$h_\varphi = \frac{d(GZ)}{d\varphi} = B_\varphi M - y_{B\varphi} \sin \varphi + Z_{B\varphi} \cos \varphi - KG \cos \varphi$$

Secara geometris, ini sama dengan jarak antara metasenter M dengan proyeksi dari G di arah gaya apung, Z

$$E_R = \int_0^\varphi M_R d\varphi = g\Delta \int_0^\varphi GZ d\varphi$$

Olah Gerak Kapal

Strip teori adalah metode frekuensi-domain dalam arti bahwa masalah yang dihasilkan telah diformulasikan sebagai fungsi frekuensi. Dalam teori ini kapal akan dibagi kedalam beberapa bagian melintang (*transverse section*). Tiap *sectionnya* diperlakukan dalam perhitungan karakteristik *hydrodynamic* dimana koefisien-koefisien tiap *sectionnya terintegrated* sepanjang lambung kapal untuk memastikan koefisien global dari pergerakan kapal itu sendiri.

Rumusnya akan diberikan tanpa derivasi. Untuk cakupan yang lebih luas dari latar belakang teoritis, merujuk ke Newman (1978). Dua sistem koordinat digunakan:

1. The *ship-fixed system* x, y, z, dengan sumbu menunjuk dari tengah kapal ke depan, ke kanan dan ke bawah. Dalam sistem ini, pusat gravitasi memiliki nilai yang konstan.
2. The *inertial system* ξ, η, ζ . Sistem ini mengikuti gerak maju kapal dengan kecepatan V dan sesuai dengan rata-rata waktu pada sistem *fixed-ship*.

Gerakan digabungkan dalam enam vektor komponen u yang sesuai dalam gambar 2.12. Gaya dan momen bekerja di kapal sama-sama dikombinasikan dalam vektor enam komponen F.u dan F adalah fungsi harmoni dari beresilasi dengan *encounter frequency* ω_e .

$$\vec{F} = \text{Re}(\hat{F} e^{i\omega_e t}) \vec{u} = \text{Re}(\hat{u} e^{i\omega_e t})$$

Persamaan gerak dasar gerakan beresilasi dari $F = M.u$:

$$[-\omega_e^2(M + A) + i\omega_e N + S] \hat{u} = \hat{F}_e$$

Disini M, N, A dan S adalah nilai real matriks 6 x 6. Untuk distribusi masa simetrikal terhadap y = 0, masa dari matrix M adalah

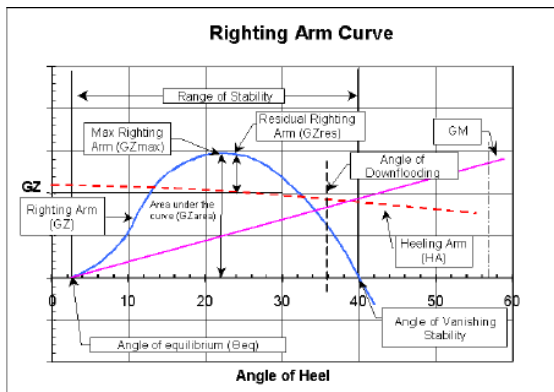
$$M = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 & 0 & mz_g & 0 \\ 0 & m & 0 & -mz_g & 0 & mx_g \\ 0 & 0 & m & 0 & -mx_g & 0 \\ 0 & -mz_g & 0 & \theta_{xx} & 0 & -\theta_{xz} \\ mz_g & 0 & -mx_g & 0 & \theta_{yy} & 0 \\ 0 & mx_g & 0 & -\theta_{xz} & 0 & -\theta_{zz} \end{bmatrix}$$

Massa momen inersia θ berhubungan dengan asal koordinat *ship-fixed system* :

$$\theta_{xx} = \int (y^2 + z^2) dm; \quad \theta_{xz} = \int xz dm; \quad \text{etc.}$$

Jika kita mengabaikan kontribusi dari *dry tansom stren* dan gaya hidrodinamik lainnya karena kecepatan maju kapal, gaya pemulih matriks S adalah :

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho g A_w & 0 & -\rho g A_w x_w & 0 \\ 0 & 0 & 0 & gm\overline{GM} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\rho g A_w x_w & 0 & gm\overline{GM}_L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \theta_{zz}\omega_g^2 \end{bmatrix}$$



Gambar 2. Lengan Stabilitas

Lengan stabilitas kapal dihitung dan dievaluasi dengan kriteria stabilitas standar IMO. Menurut *International Code on Intact stability* (IMO, 2008) kriteria berikut wajib bagi Kapal ikan ;

1. Daerah di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari;
 - a. 0,055 meter radian sampai 30°
 - b. 0,09 meter radian sampai 40°
 - c. 0,03 meter radian antara 30° - 40° .
2. Lebih dari 0,2 meter pada 30°.
3. Tinggi metasenter tidak kurang dari 0,35 meter

Metode Strip

Dalam teori ini kapal akan dibagi kedalam beberapa bagian melintang (*transverse section*). Tiap

sectionnya diperlakukan dalam perhitungan karakteristik *hydrodynamic* dimana koefisien-koefisien tiap *sectionnya terintegrated* sepanjang lambung kapal untuk memastikan koefisien global dari pergerakan kapal itu sendiri, merujuk ke Newman (1978)[7].Metode ini dipakai untuk menghitung Code on Intact stability.

Spektrum JONSWAP

Perhitungan spektrum gelombang menggunakan metode JONSWAP (Hasselmann *et al.* 1978)

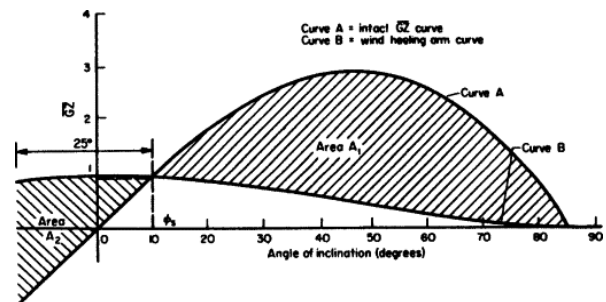
Kriteria olah gerak kapal menggunakan *seakeeping* (Tello 2010)

Tabel 3. Kriteria *Seakeeping* Kapal

No.	Kriteria	Nilai Maksimum
1.	<i>Roll</i>	6 deg
2.	<i>Pitch</i>	3 deg
3.	<i>Lateral acceleration (at working deck AP & FP)</i>	0,1 g
4.	<i>Vertical acceleration (at working deck AP & FP)</i>	0,2 g

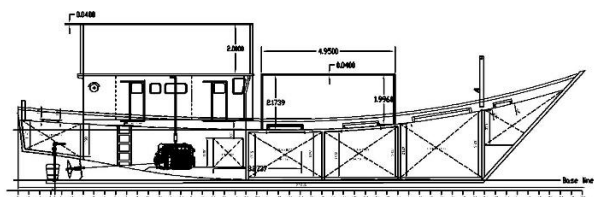
Kriteria Cuaca (Weather Criteria)

Stabilitas kapal juga dapat dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang terjadi saat kapal sedang berlayar. Dimana oleng yang terjadi dikapal dapat dipengaruhi oleh kondisi angin saat berlayar atau diwilayah perairan tersebut. Kriteria ini diatur dalam IMO 2008 *Intact Stability Code Part A Ch.2.3 Severe Wind and Rolling Criterion (Weather Criterion)*.

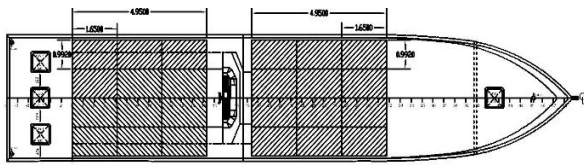


Gambar 3. *Weather criteria* oleh IMO, b > a = Memenuhi

HASIL DAN PEMBAHASAN



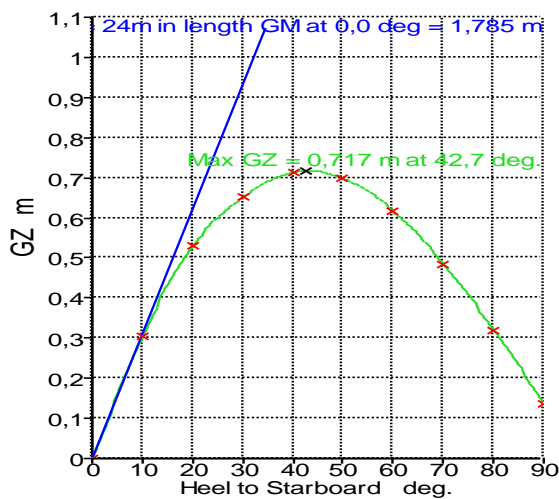
Gambar 4. Gambar Sketsa Tampak Samping Peletakan Solar Panel pada kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT



Gambar 5. Gambar Sketsa Tampak Atas Peletakan Solar Kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT

Stabilitas

Kondisi *load case* pada Kapal ini berdasarkan asumsi dari IMO untuk kapal ikan. *Load Case* yang di analisa adalah pada kondisi *full cath* yaitu kondisi pada saat kapal dalam keadaan penuh membawa full muatan dan consumable sisa sekitar 50% seperti air tawar, bahan bakar, dll.

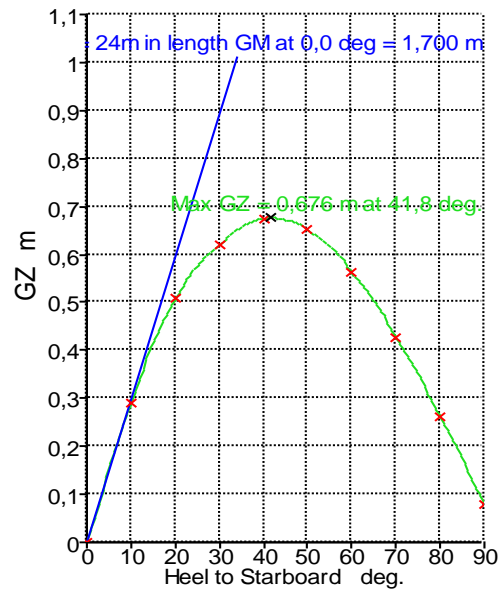


Gambar 6. Lengan Stabilitas Kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT sebelum penambahan solar panel

Tabel 4. Nilai Stabilitas berdasarkan standart IMO sebelum penambahan solar panel

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,0500	m.deg	11,8239	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.deg	18,6945	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.deg	6,8706	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,717	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	42,7	Pass
4.2 Fishing vessel	4.2.3.1: Initial GMt	0,350	m	1,785	Pass

Sedangkan kondisi setelah ditambahkan solar panel adalah sebagai berikut :



Gambar 7. Lengan Stabilitas Kapal Ikan *Multipurpose* 30 GT setelah penambahan solar panel

Setiap komponen setelah diketahui beratnya kemudian dihitung letak titik berat secara melintang dan memanjang. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan titik berat kapal yaitu 1,545 m. Kemudian dicari nilai lengan stabilitas (GZ) dari derajat kemiringan 0° - 90° derajat menurut metode A.N Krylof menggunakan software maxsurf, seperti yang terlihat pada gambar 7 diatas.

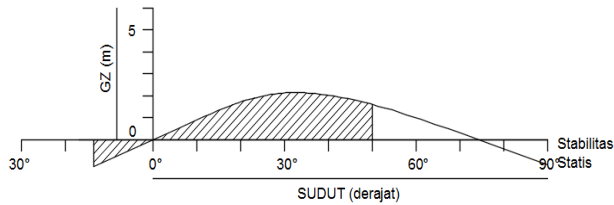
Tabel 5 . Nilai Stabilitas berdasarkan standart IMO setelah penambahan solar panel

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30	0,0500	m.deg	11,3020	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40	0,0900	m.deg	17,8285	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40	0,0300	m.deg	6,5265	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,676	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	41,8	Pass
4.2 Fishing vessel	4.2.3.1: Initial GMt for vessels >= 24m in length	0,350	m	1,700	Pass

Kriteria Cuaca

Olangan yang terjadi dikapal dapat juga dipengaruhi oleh kondisi angin saat berlayar atau diwilayah perairan tersebut. Angin mempengaruhi bagunan

atas kapal yang dapat menyebabkan olengan. Gambar dibawah ini menjelaskan bahwa berdasarkan *weather criteria*, kapal sudah memenuhi syarat dengan memenuhi nilai koreksi.



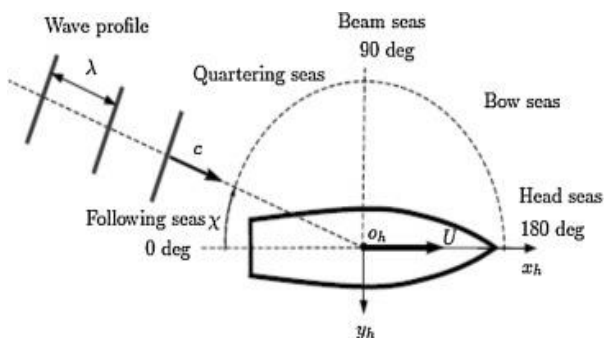
Gambar 8. Grafik Kriteria Cuaca (*Weather Criteria*)

$a = 1,823 \text{ m}^2$
 $b = 16,968 \text{ m}^2$
 $b > a = \text{Memenuhi}$

Olah gerak kapal terhadap Keselamatan Operasi Penangkapan

Keselamatan dan keberhasilan penangkapan didasarkan pada laik lautnya kapal pada saat berlayar. Kapal disimulasikan dalam keadaan muatan penuh sama seperti perhitungan stabilitas.

Pada analisa ini menggunakan persamaan gelombang dari JONSWAP dan sudut masuk gelombang terhadap kapal dibagi menjadi 3 bagian dimana pada umumnya sudut masuk gelombang itu ada 5. Gambar dibawah ini menjelaskan sudut tersebut yang tiga di antaranya adalah *Following seas*, *Beams seas* dan *Head seas*, sedangkan kecepatan maksimum saat berlayar yaitu 9 knot dengan variasi ketinggian gelombang dari 0,5 – 3 m.



Gambar 9. Sudut Masuk Gelombang secara Umum

Tabel 6. *Seakeeping* kapal 30 GT (V) pada *Following Seas*

Tinggi Gelombang (m)	RMS of Vertical Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Lateral Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Pitch	RMS of Roll	Status
0,5	0,033 & 0,034	0	0,68	0	Pass
1	0,067 & 0,068	0	1,27	0	Pass
1,5	0,100 & 0,101	0	1,9	0	Pass
2	0,133 & 0,135	0	2,54	0	Pass
2,5	0,167 & 0,169	0	3,17	0	Fail
3	0,2 & 0,203	0	3,51	0	Fail

Tabel 7. *Seakeeping* kapal pada *Following Sea* setelah penambahan solar panel

Tinggi Gelombang (m)	RMS of Vertical Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Lateral Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Pitch	RMS of Roll	Status
0,5	0,036 & 0,04	0	0,58	0	Pass
1	0,071 & 0,079	0	1,16	0	Pass
1,5	0,107 & 0,119	0	1,75	0	Pass
2	0,142 & 0,159	0	2,33	0	Pass
2,5	0,178 & 0,198	0	2,91	0	Fail
3	0,213 & 0,238	0	3,49	0	Fail

Tabel 8. *Seakeeping* kapal 30 GT (V) pada *Beam Seas*

Tinggi Gelombang (m)	RMS of Vertical Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Lateral Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Pitch	RMS of Roll	Status
0,5	0,155 & 0,129	0,271 & 0,339	0,33	1,68	Pass
1	0,311 & 0,166	0,542 & 0,678	0,66	3,35	Pass
1,5	0,466 & 0,386	0,813 & 1,071	0,99	5,03	Pass
2	0,621 & 0,514	1,084 & 1,356	1,32	6,71	Fail
2,5	0,776 & 0,643	1,355 & 1,695	1,65	8,38	Fail
3	0,932 & 0,772	1,626 & 2,034	1,98	10,06	Fail

Tabel 9. *Seakeeping* kapal pada *Beam seas* setelah penambahan solar panel

Tinggi Gelombang (m)	RMS of Vertical Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Lateral Acceleration (at Working Deck Ap & FP)	RMS of Pitch	RMS of Roll	Status
0,5	0,161 & 0,101	0,123 & 0,221	0,25	1,65	Pass
1	0,321 & 0,203	0,246 & 0,443	0,50	3,31	Pass
1,5	0,482 & 0,304	0,369 & 0,664	0,75	4,96	Pass
2	0,643 & 0,406	0,492 & 0,885	1,00	6,61	Fail
2,5	0,803 & 0,507	0,616 & 0,658	1,25	8,26	Fail
3	0,964 & 0,608	0,739 & 0,789	1,50	9,92	Fail

Tabel 10. *Seakeeping* kapal 30 GT (V) pada *Head Seas*

Tinggi Gelombang (m)	RMS of Vertical Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Lateral Acceleration (at Working Deck Ap & FP)	RMS of Pitch	RMS of Roll	Status
0,5	0,211 & 0,412	0	0,52	0	Pass
1	0,422 & 0,824	0	1,04	0	Pass
1,5	0,634 & 1,236	0	1,56	0	Pass
2	0,845 & 1,649	0	2,08	0	Pass
2,5	1,056 & 2,061	0	2,60	0	Fail
3	1,267 & 2,473	0	3,12	0	Fail

Tabel. 11. *Seakeeping* kapal pada *Head seas* setelah penambahan solar panel

Tinggi Gelombang (m)	RMS of Vertical Acceleration (at Working Deck AP & FP)	RMS of Lateral Acceleration (at Working Deck Ap & FP)	RMS of Pitch	RMS of Roll	Status
0,5	0,261 & 0,440	0	0,48	0	Pass
1	0,523 & 0,880	0	0,97	0	Pass
1,5	0,784 & 1,320	0	1,45	0	Pass
2	1,046 & 1,760	0	1,93	0	Pass
2,5	1,307 & 2,200	0	2,41	0	Fail
3	1,569 & 2,630	0	2,90	0	Fail

Dari ke 8 tabel (table 6 sampai dengan table 11) diatas untuk kapal ikan *Multipurpose* 30 GT didapat

bahwa ada yang tidak memenuhi kriteria dari Tello. Pada kondisi *following seas* kapal hanya mampu beroperasi baik pada ketinggian dibawah 2,5 meter karena RMS of **Pitch** pada ketinggian diatas 1,5 meter melebihi standar. Pada saat kondisi *beam seas* kondisi gelombang diatas 1,5 meter, roll motion tidak memenuhi kriteria yang seharusnya. Menurut Tello *roll motion* harus dibawah 6 derajat, akan tetapi pada kondisi ini kapal melebihi standar dan hanya mampu beroperasi baik pada ketinggian dibawah 1,5 meter. Yang artinya keselamatan operasi penangkapan terjadi jika gelombangnya sama atau dibawah 1.5 meter. Sedangkan kondisi *head seas*, *RMS of Vertical Acceleration* dengan ketinggian gelombang diatas 2 meter melebihi standar yang ditetapkan oleh Tello.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitin ini disimpulkan bahwa ; kapal ikan *multipurpose* 30 GT ini mampu beroperasi dengan baik pada perairan di Indonesia dengan tinggi gelombangnya berkisar antara 0,5 – 1,5 meter, dengan ditambahnya solar panel diatas *deck* kapal, sama sekali tidak mempengaruhi performa kapal pada hal stabilitas. Sehingga keselamatan operasi penangkapan dapat berjalan dengan baik. Pada kondisi muatan *full* kapal masih memenuhi peraturan dari IMO. Sedangkan Keselamatan operasioanl penangkapan pada kapal yang diteliti hanya akan memiliki performa yang bagus pada ketinggian maksimal 1,5 meter jika dilihat dari analisa *seakeepingnya*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Fadillah, Shanty Manullang , Rizky Irvana (2019). Stability, Resistance and Seakeeping Performance of A 20 GT Fishing Boat Based on the Boat Dimension and Hull Form Analysis, Journal of Marine Fisheries, Vol.10 no.2 November 2019 pp 117-128, IPB Pers.
- Farhum, Siti Aisyah. 2006. Stabilitas Kapal Pole and Line pada Kondisi Muatan Yang Berbeda. Di dalam: Sondita, M. Fedi A, dkk, editor. Prosiding Seminar Nasional Perikanan Tangkap Menuju Paradigma Teknologi Perikanan Tangkap yang Bertanggung Jawab dalam Mendukung Revitalisasi Perikanan. Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Agustus 2006.
- Fyson, J. 1985. Design of Small Fishing Vessels. England: Fishing News Book. Great Britain: B.H Newnes.
- Grainger, C.R. (1993). Hazards of commercial fishing/C.R. Grainger. <http://www.who.int/iris/handle/10665/49137>
- Hutauruk RM, Rengi P. 2014. Respons Gerakan Kapal Perikanan Hasil Optimasi terhadap Gelombang. Jurnal Perikanan dan Kelautan. 19(1): 13-22.

- International Maritime Organization (IMO). 2008: Stability Criteria for Fishing Vessel, International Maritime Organization, London.
- Newman, J. N. (1978). The theory of ship motions. *Adv. Appl. Mech.* 18, pp. 222–283
- Hasselmann, K., 1996. Feynman diagrams and interaction rules of wave-wave scattering processes. *Rev. Geophysys. Space.* 4. 1-32.
- Nomura, M and T. Yamazaki. 1977. *Fishing Technique* (1). Tokyo: Japan International Corporation Agency (JICA).
- Rahman S, Haris MA, Paroka D. 2015. Sea-keeping Kapal Perikanan 30 GT di Per-airan Selat Makassar. *Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)* 2015. 1(1): 64-69.
- Rudiyansyah H, Sulisetyono A, Ali B. 2013. Analisa Pengaruh Seakeeping terhadap Kinerja dan Kenyamanan Kapal RO-PAX Berbasis Uji Model di Perairan Laut Jawa. *Jurnal Teknik POMITS.* 2(1): 1-7.
- Shanty Manullang, Arif Fadillah, Rizki Irvana (2017). Analysis Of Stability, Resistance And Seakeeping Accord To Dimension And Form Of Fishing Vessel 30 GT, *Proceeding SENTA 2017* pp 68-75
- Suwardjo D., John H., Indra J., Soen'an P.H. (2010). Kajian Tingkat Kecelakaan Fatal, Pencegahan dan Mitigasi Kecelakaan Kapal Penangkap Ikan Yang Berbasis Operasi Di PPP Tegalsari, PPN Pekalongan Dan PPS Cilacap. *Jurnal Teknologi Kelautan dan Perikanan*, Volume 10 No.1- Maret 2010.
- Smith, R.M. 1975. *Elements of Ship Design*. London : Marine Management (Holding) Ltd.
- V. Semyonov-Tyan-Shansky, “Statics and Dynamics of the Ship – Theory of Buoyancy, Stability and Launching”, Peace publishers, Moscow
- Tello M, e Silva SR, Soares CG. 2010. Seakeeping Performance of Fishing Vessels in Irregular Waves. Portugal: Centre for Marine Technology and Engi-neering (CENTEC), Technical University of Lisbon, Instituto Superior Te'cnico, Av. Ro- visco Pais. 38(5): 763-773.
- Tello M, e Silva SR, Soares CG. 2011. Seakeeping Performance of Fishing Vessel in Irregular Waves. *Ocean Engi-neering.* 38(6): 763-773.