

VARIASI TINGGI METACENTRE GM KAPAL POLE AND LINE PADA PERAIRAN BERGELOMBANG

St. Aisyah Farhum¹⁾ dan James P. Panjaitan²⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Kelautan Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB Darmaga, Bogor, 90245

²⁾Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB Darmaga, Bogor, 90245

ABSTRACT

The vessel is stable if she returns to an upright position after being exposed to temporary heeling moments. These moments may be caused by wind, waves, shifting of weight, water on deck, and produced a static or dynamic character. The stability of a vessel can be analyzed from stability parameters such as metacentre height (GM) known as function of righting arms (GZ). In this paper the authors would like to investigate the values of righting arms (GZ) of pole and liner, and to know relationship between metacentre heights (GM) and natural rolling period (T_ϕ). The principal dimensions of pole and liner were 34.6 m length: 5.70 m breadths: 3.10 m drafts. The wave conditions are wavelength and ship length ratio were 0.5: 1.0 and 1.05 corresponding to the wave height, of 0.865 m: 1.730 m and 2.595 m. The value of stability parameters and natural rolling period (T_ϕ) were analyzed by computer simulation program. The results of calculation shown that the change of L_w/L_s ratio does influence to the values of righting arms (GZ). The value of righting arms (GZ) also depend on metacentre height (GM), which the highest GM the highest GZ, and the highest GZ value found in the highest ratio condition of L_w/L_s on the maximal high wave. It is found that the negative correlation between (T_ϕ) and GM, which the smaller GM the bigger T_ϕ .

Key words: Pole and line, metacentre height, natural heeling period, righting arms, stability.

PENDAHULUAN

Stabilitas kapal dapat diartikan sebagai kemampuan sebuah kapal untuk kembali ke posisi semula (tegak) setelah menjadi miring akibat bekerjanya gaya eksternal dan internal. Stabilitas pada sebuah kapal dipengaruhi oleh letak titik-titik konsentrasi gaya yang bekerja pada kapal tersebut, yaitu: titik B (*centre of buoyancy*), titik G (*centre of gravity*) dan titik M (*metacentre*) [1].

Titik M merupakan titik potong yang melalui titik B dan titik G pada saat kapal berada pada posisi miring. Jarak antara G dan M disebut tinggi *metacentre* (GM), dimana nilainya merupakan ukuran kestabilan awal sebuah kapal dan merupakan fungsi dari lengan penegak (GZ).

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui nilai lengan penegak (GZ) kapal *pole and line* pada perairan bergelombang, yang ditunjukkan dari nilai tinggi *metacentre* (GM) serta untuk mengetahui hubungan antara nilai GM dan *natural rolling period* (T_ϕ) kapal *pole and line*.

BAHAN DAN METODE

Metode percobaan yang dilakukan adalah *numerical analysis*/simulasi dari data-data yang diperoleh melalui perhitungan-perhitungan secara teoritis.

Analisis data untuk menghitung nilai GZ dan untuk memperoleh tampilan *body plan* dan kurva GZ kapal dilakukan dengan menggunakan program P_{GZ}. Luasan di bawah kurva GZ selanjutnya diban-

dingkan dengan standar stabilitas kapal yang dikeluarkan oleh *Internasional Maritime Organization* [2] untuk mengetahui tingkat kestabilan kapal. Untuk menghitung nilai *natural rolling period* (T_ϕ) kapal digunakan formula dari *IMO Assembly Resolution A 167* sebagai berikut:

$$T_\phi = \frac{2 \times C \times B}{\sqrt{GM}}$$

$$C = 0.373 + 0.023 \frac{B}{d} - 0.043 \frac{L}{100}$$

T_ϕ = *Natural rolling period* (detik)

B = Lebar Kapal (m)

d = *Draft* (m)

L = Panjang Kapal (*Length on Water Line*) (m)

Data kapal yang digunakan adalah data kapal *pole and line* dengan spesifikasi seperti yang disajikan pada Tabel 1. Data kondisi gelombang yang di-

Tabel 1. Spesifikasi Kapal *Pole and Line*

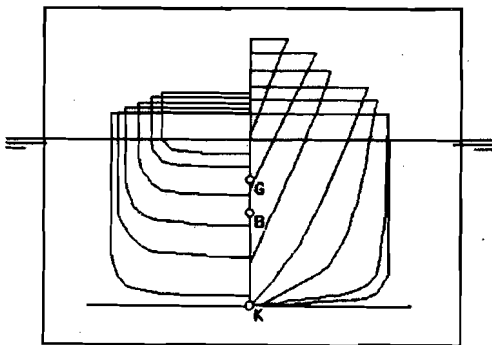
No.	Item	Nilai
1.	L_{OA} (m)	34,60
2.	L_{PP} (m)	27,5
3.	L_{WL} (m)	31,00
4.	B (m)	5,70
5.	H (m)	3,60
6.	d (m)	3,10
7.	Cb	0,60
8.	\dot{C} (ton) (<i>full load</i>)	329,65

gunakan dalam perhitungan nilai lengan penegak (GZ) adalah panjang gelombang - yang rasio antara panjang gelombang (L_w) dengan panjang kapal (L_s) sebesar 0,5; 1,0 dan 1,5 - yaitu 17,3 m, 34,6 m dan 51,9 m. Tinggi gelombang yang digunakan dalam perhitungan masing-masing; 0,87 m, 1,73m dan 2,59m.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Bentuk Kapal Pole and Line

Body plan kapal yang diteliti disajikan pada Gambar 1. Body plan merupakan gambar lines plan kapal tampak depan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa body plan kapal memiliki bentuk U (*U bottom*). Secara umum kapal yang memiliki body plan seperti ini memiliki tingkat kestabilan yang lebih baik dibandingkan kapal dengan body plan berbentuk V (*V bottom*).



Gambar 1. Body Plan Kapal Pole and Line

2. Peubah Stabilitas

- Beberapa peubah stabilitas yang dianalisis adalah nilai KG (letak titik berat di atas lunas), BG (jarak antara titik apung B dan titik berat G), dan GM (tinggi *metacentre*). Peubah stabilitas diperoleh dari hasil perhitungan stabilitas kapal. Nilai peubah stabilitas untuk tiga rasio L_w/L_s disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Peubah Stabilitas Kapal Pole and Line

Rasio L_w/L_s	KG (m)	BG (m)	GM(m)
0,5	2,25	0,51	0,35
	2,30	0,56	0,30
	2,35	0,61	0,25
1,0	2,25	0,51	0,35
	2,30	0,56	0,30
	2,35	0,61	0,25
1,5	2,25	0,51	0,35
	2,30	0,56	0,30
	2,35	0,61	0,25

Dari hasil perhitungan yang diperoleh terlihat bahwa rasio L_w/L_s tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai BG dan GM untuk masing-masing

nilai KG. Kedua nilai tersebut bergantung kepada nilai KG. Jika KG meningkat maka BG bertambah besar tetapi nilai GM semakin kecil. Peningkatan nilai KG yang memperbesar nilai BG dan memperkecil nilai GM selanjutnya akan mempengaruhi nilai lengan penegak (GZ) yang terbentuk pada kapal.

GZ merupakan lengan penegak kapal yang terbentuk pada saat kapal menjadi miring dengan nilai positif, yang berarti bahwa GZ yang terbentuk dapat mengembalikan kapal ke posisi semula dan nilai negatif yang berarti bahwa lengan penegak (GZ) yang terbentuk tidak dapat mengembalikan kapal ke posisi semula [3].

Hasil perhitungan luas area di bawah kurva GZ (Tabel 3) menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh belum sesuai dengan kriteria stabilitas yang ditetapkan oleh IMO. Namun demikian, nilai yang diperoleh masih terdapat dalam kisaran nilai positif dan letak titik G masih terdapat di bawah titik M, yang berarti lengan penegak (GZ) yang terbentuk masih dapat mengembalikan kapal ke posisi semula setelah terjadi kemiringan akibat gaya eksternal dan internal yang bekerja pada kapal tersebut.

3. Kurva GZ

Kurva GZ menggambarkan nilai lengan penegak (GZ) kapal pada berbagai sudut keolengan. Kurva GZ diplotkan dalam tiga nilai GM, masing-masing 0,25m, 0,30m dan 0,35m pada tiga rasio L_w/L_s . Kurva GZ dari kapal pole and line yang diteliti disajikan pada Gambar 2a, b dan c. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin kecil nilai tinggi *metacentre* (GM), maka lengan penegak (GZ) yang terbentuk juga kecil dan sebaliknya.

Nilai lengan penegak (GZ) yang tertinggi dicapai pada kondisi rasio L_w/L_s dan tinggi gelombang H tertinggi, masing-masing 1,5; 2,59 m. Hal ini disebabkan karena pada saat kapal mendapat tekanan gaya yang semakin besar maka titik gaya berat G akan bergerak mendekati titik gaya apung B, sehingga titik berat G semakin menjauhi titik *metacentre* M. Dengan demikian lengan penegak (GZ) yang terbentuk akan semakin besar pula. Kondisi ini juga ditunjukkan pada parameter stabilitas (Tabel 2), dimana semakin kecil nilai tinggi *metacentre* (GM), maka jarak antara titik gaya apung dengan titik gaya berat BG akan semakin besar.

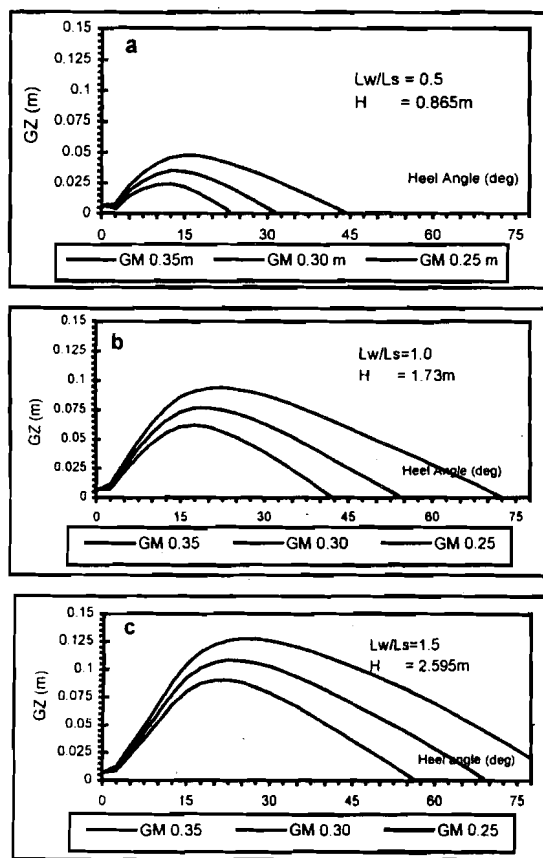
4. Hubungan antara Tinggi Metacentre GM dan Natural Rolling Period (T_ϕ)

Grafik hubungan tinggi *metacentre* GM dengan *natural rolling period* (T_ϕ) disajikan pada Gambar 3.

Gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai *natural rolling period* (T_ϕ) bergantung pada nilai tinggi *metacentre* (GM). Semakin kecil nilai tinggi *metacentre* (GM) maka *natural rolling period* (T_ϕ) semakin besar dan sebaliknya jika tinggi *metacentre* (GM) besar maka *natural rolling period* (T_ϕ) kecil.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Lengan Penegak GZ Kapal Pole and Line

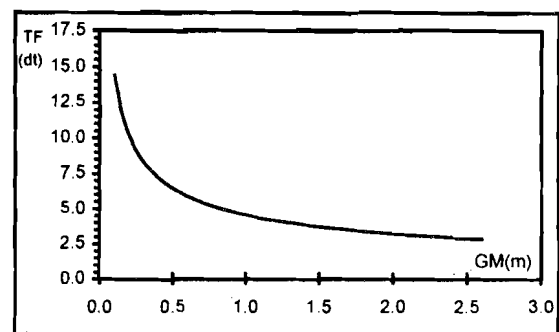
Lw/Ls KG (m)	GZ 0-30° (m.rad)	GZ 0-40° (m.rad)	GZ 30°-40° (m.rad)	GZ Max (m.rad)	Sudut GZ max (deg)
0,5					
2,25	0,015	0,018	0,003	0,048	15,0
2,30	-	-	-	0,035	12,5
2,35	-	-	-	0,024	12,5
1,0					
2,25	0,030	0,042	0,012	0,094	22,5
2,30	0,025	0,032	0,008	0,077	20,0
2,35	0,019	0,023	0,003	0,062	17,5
1,5					
2,25	0,038	0,055	0,017	0,128	25,0
2,30	0,033	0,046	0,014	0,110	22,5
2,35	0,027	0,037	0,010	0,090	20,0



Gambar 2. Kurva Lengan Penegak GZ terhadap Tiga Variasi Nilai GM pada Tiga Rasio Lw/Ls.

Periode oleng yang cepat karena nilai GM yang besar menyebabkan kapal menjadi kaku (*stiff*) dan menyentak-nyentak bila terjadi keolengan. Pada kondisi seperti ini kenyamanan kerja di dek tidak tercapai. Sebaliknya, jika periode oleng terlalu lambat karena nilai GM yang terlalu kecil akan menyebabkan kapal langsar (*tender*) bila terjadi keolengan.

Periode oleng dapat disempurnakan dengan memperbaiki tinggi *metacentre* (GM), yang dapat dilakukan dengan pendistribusian muatan yang baik di kapal atau dengan pengkonstruksian *bilge keel* di bagian badan kapal.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Nilai Tinggi *Metacentre* GM dengan *Natural Rolling Period* (T_{ϕ}).

KESIMPULAN

1. Perubahan rasio panjang gelombang terhadap panjang kapal (L_w/L_s) tidak mempengaruhi parameter stabilitas BG dan GM.
2. Dari perhitungan luas area di bawah kurva lengan penegak (GZ), diperoleh bahwa lengan penegak (GZ) kapal yang diteliti belum memenuhi kriteria GZ yang ditetapkan oleh IMO, tetapi nilainya masih berada dalam kisaran nilai positif.
3. Semakin besar nilai tinggi metacentre (GM), maka nilai lengan penegak (GZ) akan semakin besar.
4. Nilai lengan penegak (GZ) yang tertinggi diperoleh pada kondisi rasio L_w/L_s tertinggi, 1,5 dan pada tinggi gelombang H maksimal, 2,595 m.
5. Nilai *Natural heeling period* (T_{ϕ}) bergantung pada nilai tinggi metacentre (GM). Semakin kecil nilai tinggi metacentre (GM) maka *natural rolling period* (T_{ϕ}) semakin besar dan sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Taylor, L.G. 1977. The Principles of Ship Stability. Brown, Son & Publisher, Ltd., Nautical Publisher, 52 Darnley Street. Glasgow.

- [2] International Maritime Organization. 1987. IMO Search and Rescue Manual. IMO. London.
- [3] Gillmer, T.C and B.Johnson. 1982. Introduction to Naval Architecture. Naval Institute Press. Annapolis Maryland.