

# Studi Koefisien N Pada Prediksi Roll Kapal Sarat Rendah Dalam IMO A.749(18)

Baharuddin Ali<sup>1</sup> dan Pitoyo<sup>1</sup>

## Abstrak

Perkembangan penggunaan kapal dengan sarat rendah atau rasio B/T besar (deck cargo) di Indonesia menjadi suatu pilihan dalam rangka efektifitas dan efisiensi dibandingkan membangun kapal tipe hatch cargo. Perairan Indonesia yang sangat bervariasi kedalaman lautnya serta terhubung ke jalur sungai-sungai besar yang masuk hingga pedalaman merupakan suatu pertimbangan pemilihan tipe kapal sarat rendah. Seiring dengan itu peraturan keselamatan kapal semakin ketat merupakan tantangan dalam perancangan dan sistim operasional kapal. Karakteristik lengan stabilitas pada kapal sarat rendah yang berbeda pada kapal umumnya seperti yang disyaratkan dalam kriteria kestabilan minimum yang dikeluarkan oleh International Maritime Organization (IMO) Resolusi A.749(18) menjadikan kapal sarat rendah perlu kajian tersendiri. Dari hasil kajian dan uji model didapatkan bahwa untuk kapal sarat rendah ( $B/T \geq 4$ ) pada prediksi roll dalam weather criterion direkomendasikan untuk adanya koreksi nilai N dari sebelumnya yang dipakai yaitu 0.02 menjadi 0.035, dengan nilai tersebut menunjukkan hasil prediksi maksimum roll yang realistik bagi kapal sarat rendah. Hal ini merupakan masukan dalam penyusunan aturan keselamatan kapal sarat rendah.

**Kata kunci :** koefisien N, roll, stabilitas, kapal sarat rendah, IMO A.749 (18)

## Abstract

The development of shallow draft ships or ratio B/T large (deck cargo) in Indonesia has become an option in order to effectiveness and efficiency than to build a hatch cargo ship type. Indonesian waters are various water depths and connected to inland is a consideration for selection of shallow draft ship types. Along with that tighter boat safety rules is a challenge in designing and operating system ships. Characteristics arm stability on shallow draft ship generally different as required by the minimum stability criteria issued by International Maritime Organization (IMO) with Resolution A.749 (18) makes shallow draft ship needs a separate study. From the model tests, for roll prediction in weather criterion which ships with  $B/T \geq 4$  correction of N coefficient is needed with value 0.035 from previous one 0.02. This value have shown realistic value to predict maximum roll for shallow draft ships, this is important role in providing safety.

**Key words :** N coefficient, roll, stability, shallow draft ships, IMO A.749(18)

## PENDAHULUAN

Dalam perkembangannya kapal-kapal dengan sarat rendah atau rasio B/T besar, yang umumnya kapal-kapal deck cargo (ro-ro, container, angkut batubara) menjadi pilihan beberapa operator pelayaran nasional dengan berbagai pertimbangan efisiensi. Salah satu keuntungan kapal tipe deck cargo dibandingkan tipe hatch cargo adalah konstruksinya lebih ringan dikarenakan beban muatan ditumpu selain konstruksi gading kapal juga ditumpu konstruksi deck sehingga konstruksi gading lebih kecil, dari sini

terlihat bahwa biaya pembangunan (investment cost). Pertimbangan pemakaian sarat rendah ini dikarenakan perairan nusantara sangat bervariasi kedalamannya, sehingga armada yang berlayar di laut bebas diharapkan mampu langsung melayani kota-kota di pedalaman yang terhubung melalui sungai-sungai sehingga kedalaman perairan sangat terbatas.

Dari beberapa survey lapangan diketahui bahwa kapal sarat rendah dipakai melayani pengangkutan di perairan Indonesia dalam jumlah yang besar. Pada kebanyakan galangan utama di Pulau Kalimantan dan Batam dilakukan pembangunan kapal-kapal sarat rendah dalam bentuk barge maupun LCT. Dengan banyaknya aktifitas galangan dan operasional lapangan

---

<sup>1</sup> UPT. Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika BPPT, Surabaya

kapal-kapal sarat rendah, menunjukkan bahwa kapal jenis ini memiliki pasar yang bagus di Indonesia.

Karakteristik lengan stabilitas pada kapal sarat rendah yang berbeda pada kapal umumnya seperti yang disyaratkan dalam kriteria kestabilan minimum yang dikeluarkan oleh International Maritime Organization (IMO) pada resolusi A.749(18). Dimana salah satunya adalah ketentuan nilai GZ maksimum sebaiknya ada pada saat sudut roll lebih besar dari 300, tetapi tidak boleh kurang dari 250, sedangkan umumnya kapal dengan B/T besar memiliki sudut roll maksimum sekitar 200 sehingga menjadikan kapal sarat rendah perlu kajian tersendiri.

Penentuan sudut maksimum roll maksimum yang digunakan IMO mengacu pada formulasi yang dipakai adalah berdasarkan semi empiris form factor yang divalidasikan dengan bentuk badan kapal konvensional. Pada referensi (Fujino, 1993) dijelaskan bahwa formulasi sudut roll maksimum dipengaruhi nilai Bertin's coefficient, N. Untuk itu perlu juga dilakukan uji model untuk mengetahui N coefficient kapal-kapal yang mempunyai karakteristik B/T besar, karena formulasi tersebut didapat dari bentuk hull kapal konvensional.



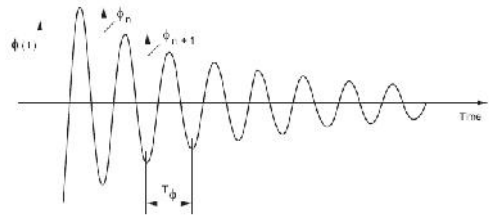
Gbr 1. Kapal Sarat Rendah

### PENENTUAN KOEFISIEN N

Ketentuan stabilitas kapal dalam bab weather criteria pada resolusi IMO A.749(18), yang mana aslinya adalah gabungan dari hasil percobaan di Jepang dan Rusia yang mana merupakan kajian terhadap kemampuan kapal yang mengalami rolling menerima beban angin dalam arah beam seas. Penentuan roll maksimum  $\phi$  yang diusulkan Jepang dan akhirnya dipakai pada IMO adalah :

$$w = \sqrt{\frac{138.r.s}{N}} \quad (1)$$

dimana koefisien r dan s dapat dilihat definisinya pada IMO A.749(18), sedangkan N adalah Bertin's coefficient yang mana bernilai 0.02. Besaran Bertin's coefficient tersebut merupakan hasil kajian pada kapal yang umum, lihat (Fujino, 1993). Formulasi ini yang mendasari pada ketentuan rolling maksimum pada pasal weather criteria.



Gbr 2. Time trace dari roll decay test

Untuk mendapatkan nilai Bertin's coefficient, N dilakukan dengan decay test, roll amplitude yang terrecord  $\phi_0, \phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_n$ . Menurut Bertin penurunan roll amplitudo  $\Delta\phi$  diasumsikan proporsional terhadap squared mean  $\phi_m$  :

$$\Delta\phi = N\phi_m^2 \quad (2)$$

dimana  $\Delta\phi = \phi_{i-1} - \phi_i$  dan  $\phi_m = (\phi_{i-1} + \phi_i)/2$

Untuk menggambarkan  $\Delta\phi$  dalam bentuk polynomial dalam fungsi  $\phi_m$  :

$$\Delta\phi = a\phi_m + b\phi_m^2 \quad (3)$$

sehingga untuk mendapatkan Bertin's coefficient, N dapat dituliskan :

$$N = a / \phi_m + b \quad (4)$$

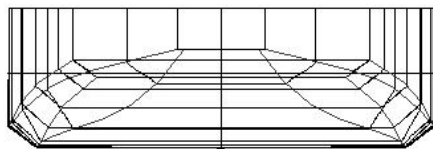
### UJI MODEL

Untuk mendapatkan N coeficient, pada kegiatan ini dilakukan pengujian model melalui decay test di fasilitas kolam uji UPT. BPPH – BPPT, Surabaya. Model yang digunakan adalah kapal sejenis barge dengan B/T besar dengan skala model 1:45, ukuran utama dan bodyplan sebagaimana terlihat pada Tabel 1 dan Gbr 3. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan displacement dan ketinggian titik berat kapal, lihat Tabel 2. Contoh hasil perekaman data

decay seperti terlihat pada Gbr 4. Selanjutnya data yang telah diperoleh dilakukan analisa dengan tahapan seperti pada formulasi (2) sampai dengan (4) sehingga diperoleh koefisien N.

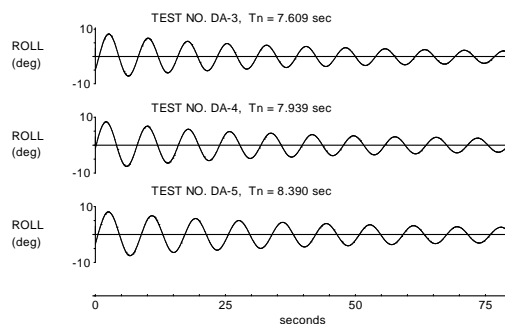
Tabel 1 Ukuran utama kapal B/T = 5.67

Ukuran utama	
Loa (m)	71.48
B (m)	22.95
H (m)	6.50
T (m)	4.05
Cb	0.878



Gbr 3. Body plan model

DC-4	9.42	
DC-5	9.63	



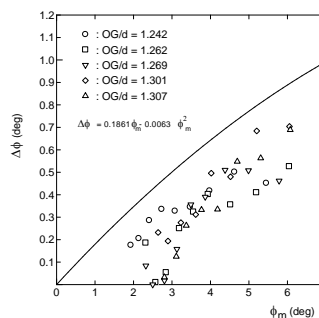
Gbr 4. Contoh hasil decay test peugujian

### ANALISA DAN DISKUSI

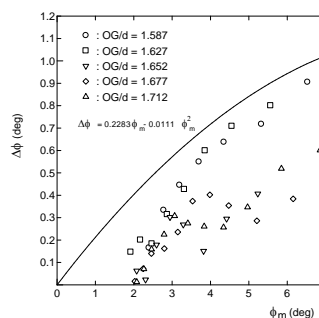
Data hasil peugujian yang telah diperoleh kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan nilai Bertin's coefficient, N. Masing-masing kondisi sarat divariasikan tinggi titik beratnya dan hasilnya ditampilkan pada Gbr 5 – 6 untuk kondisi DA,DB dan DC. Untuk extinction curve tiap kondisi sarat ditampilkan pada Gbr 5 dan grafik N coefficient curve tiap kondisi sarat ditampilkan pada Gbr 6.

Tabel 2 Materi peugujian decay test

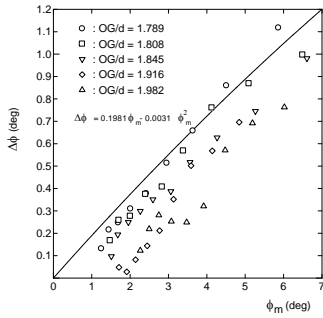
No	KG (m)	$\Delta$ (ton)
DA-1	9.08	5557.5
DA-2	9.16	
DA-3	9.19	
DA-4	9.32	
DA-5	9.34	
DB-1	9.11	5090.5
DB-2	9.25	
DB-3	9.34	
DB-4	9.43	
DB-5	9.55	
DC-1	9.01	4623.5
DC-2	9.07	
DC-3	9.19	



Gbr. 5a Excitation curve-DA



Gbr. 5b Excitation curve-DB



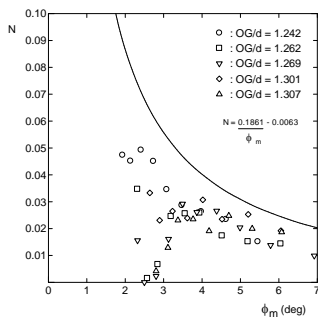
Gbr. 5c Excitation curve-DC

Dari hasil decay diketahui bahwa maksimum sudut decay kapal sarat rendah adalah sekitar  $5^\circ$  sehingga penentuan nilai N diambil pada sudut tersebut, N5. Hal

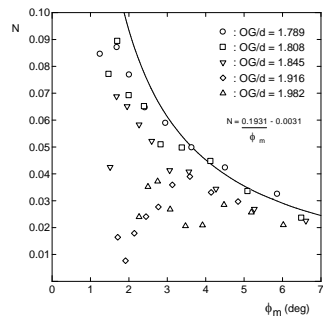
ini akan membedakan pada pengambilan kesimpulan untuk kapal umum yang menggunakan N20 atau sudut maksimum pengambilan acuan pada nilai N yang selama ini digunakan dalam Ship Stability Rule. Hasil rangkuman N curve untuk kondisi DA, DB dan DC ditampilkan pada Gbr 7. Untuk N5 didapatkan nilai rata-rata 0.035, sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk kapal dengan B/T besar memiliki karakteristik roll yang berbeda dengan kapal umumnya. Sehingga pada perhitungan sudut roll maksimum untuk kapal dengan  $B/T \geq 4$  pada IMO direkomendasikan untuk adanya koreksi nilai N dari sebelumnya yang dipakai yaitu 0.02 menjadi 0.035.

Tabel 3 Prediksi sudut roll maksimum

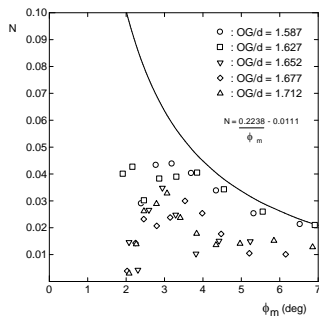
NO	JENIS	LOA	B	D	T	B/T	OG/d	r	GM	Troll	s	$\phi_1$	$\phi_2$
1	6000 DWT, Batu bara	92.96	24.00	6.00	4.00	6.00	0.5	1.03	6.90	8.607	0.089	18.990	25.122
2	265 TEUS Container	86.01	20.00	5.70	4.00	5.00	0.5	1.03	6.56	7.046	0.098	19.929	26.364
3	5000 DWT, Batu bara	82.30	21.40	5.21	3.71	5.77	0.5	1.03	5.99	8.223	0.091	19.266	25.487
4	10000 DWT, Batu bara	103.00	26.00	8.10	5.50	4.73	0.5	1.03	9.32	7.453	0.096	19.714	26.079
5	5000 DWT, Batu bara	71.48	22.95	6.5	4.05	5.67	0.5	1.03	7.48	7.934	0.093	19.465	25.750



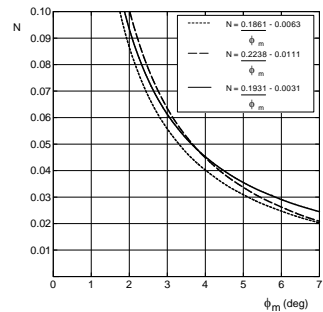
Gbr. 6a N coefficient curve-DA



Gbr. 6c N coefficient curve-DC



Gbr. 6b N coefficient curve-DB



Gbr. 7 N coefficient curve-DA,DB,DC

Sebagai perbandingan dalam prediksi sudut roll maksimum menggunakan persamaan (1) dengan  $N = 0.035$  untuk  $\phi_1$  dan  $N = 0.02$  untuk  $\phi_2$ , maka hasilnya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3, dimana :

$OG/d$  = posisi relatif titik berat kapal terhadap sarat kapal

( $OG = T-KG$ , positif untuk dibawah sarat)

$r$  = effective wave slope,  $0.73 + 0.6.OG/d$

$Troll = 2.C.B/\sqrt{GM}$

$C = 0.373 + 0.023.(B/T) - 0.043.(L/100)$

Dari hasil perbandingan terlihat bahwa sudut roll maksimum untuk kapal  $B/T \geq 4$  dibawah sudut  $20^\circ$ . Sehingga dengan menggunakan nilai  $N = 0.035$  menunjukkan hasil yang lebih realistik dikarenakan sudut roll maksimum jenis kapal tersebut lebih kecil dibandingkan kapal jenis umum dan dari prediksi GZ curve umumnya untuk kapal  $B/T \geq 4$  maksimum GZ terjadi pada sudut antara  $18^\circ - 20^\circ$ .

## KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan ini dapat disimpulkan :

- Telah dilakukan pengujian model sarat rendah untuk mengetahui validitas aplikasi resolusi IMO A.749(18) tentang stabilitas kapal.
- Untuk kapal sarat rendah ( $B/T \geq 4$ ) pada IMO direkomendasikan untuk adanya koreksi nilai  $N$  dari sebelumnya yang dipakai yaitu  $0.02$  menjadi  $0.035$ .
- Perlu pengujian model lebih lanjut dengan model dan variasi lebih banyak sehingga prediksi yang didapatkan akan lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Deakin, B., (...). "Evaluation of the Roll Prediction Method in the Weather Criterion", Southampton Univ, Southampton, UK.
- Fujino, M. et al. (1993), "Examination of Roll damping Coefficients and Effective Wave Slope Coefficient for Small Passenger Crafts", Proc. US Coast Guard Vessel Stability Symposium.
- Hamamoto, M. et al. (1996), "Model Experiments of Ship Capsize in Astern Seas (second report)", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol.179, pp. 77-87.
- Kuroda, T. and Ikeda, Y., (2002). "Extreme Roll Motion in Wide Frequency Range Due Rapid Drift Motion", Proc. 6th International Stability

Workshop, New York-USA.

Levadou, M. et al. (2003), "Assesment of Operational Risks of Parametric Roll", SNAME Annual Meeting Presentation.

Soegeng H. (2007), "Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Jalur Pelayaran Terhadap Kecelakaan Kapal Barang Untuk Rute Domestik Antar Pulau di Indonesia", Warta Perhubungan, Jakarta.

Teguh Sastrodiwongso (2002), "Indonesian Nautical Court / Mahkamah Pelayaran", Asian Cooperation Program Marine Transportation Engineering-JSPS-DHGE, Hiroshima University, Japan.

Umeda, N. et al. (1995), "Model Experiment of Ship Capsize in Astern Seas", Journal of the Society of Naval Architects of Japan, Vol.177, pp. 207-217.

....(1995), "Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments, Resolution A.749(18)", International Maritime Organization, London.