

## STUDI KELAYAKAN PEMANFAATAN SKEG AKTIF SEBAGAI ANTI ROLLING PADA KAPAL CEPAT DENGAN METODE UJI MODEL

### *Feasibility Study on Application Active Skeg as Anti Rolling on Fast Ship with Model Test Method*

Mochammad Ali M<sup>1</sup>, A. A. Masroeri<sup>1</sup> dan Baharudin Ali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya

<sup>2</sup>Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika

Email:m\_alie007@yahoo.com

Diterima: 2 Nopember 2015; Direvisi: 2 Desember 2015; Disetujui: 17 Desember 2015

#### Abstrak

Gerakan kapal dilaut pada dasarnya memiliki 3 gerakan translasi (*surge, sway, dan heave*) dan 3 gerakan rotasi (*roll, pitch, dan yaw*). Pada kapal cepat hal tersebut sangat sering terjadi sehingga berdampak pada kestabilan kapal. Berbagai macam penelitian dilakukan untuk menambah stabilitas kapal cepat. Pada gerakan *roll* terdapat metode tangki U, fin aktif, *bilge keel*. Sehubungan dengan fin aktif, dilakukan uji terhadap skeg yang diaktifkan (skeg aktif). Pemasangan skeg aktif adalah salah satu upaya untuk mengurangi gerakan *roll* yang terjadi, dimana skeg dapat diubah sudutnya. Penggunaan skeg aktif pada model kapal cepat dilakukan saat pengujian seakeeping di kolam uji dengan mensimulasikan gelombang reguler dengan arah longitudinal dan diagonal kolam uji. Gerakan model kapal ditangkap dengan menggunakan kamera *Qualisys*. Hasil yang didapatkan akan dibandingkan dengan pengujian model kapal tanpa menggunakan skeg aktif sebagai anti roll pada sebuah model kapal cepat. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan skeg aktif yang divariasikan sudutnya tanpa gerakan otomatis, tidak banyak berpengaruh untuk meredam gerakan rol yang terjadi pada kapal cepat.

**Kata kunci :** skeg aktif, model kapal, gelombang reguler, *seakeeping, qualisys*

#### Abstract

*Movement of ships in the sea basically has 3 translational motion (surge, sway and heave) and three rotational motion (roll, pitch, and yaw). It is very common for fast boat to have an impact on the stability ship. Various studies were done to increase the stability of the fast ship. There are several methods for reducing roll motion i.e. U tank method, active fin, bilge keel. Concerning with an active fin, the activating skegs werw tested. Installing active skeg is one of the efforts to reduce roll motion that occurs by changing the angle of the edge of the skeg. Further analysis of applying an active skeg was carried out by model testing in MOB. The path of ship motion was captured by using the camera Qualisys. Comparison was done in two conditions, ship model equipped with or without an active skeg. From the test result can be concluded that any various angle of fin, an active fin doesn't have any contribution on the roll motion of fast ship.*

**Keywords:** active skeg, ship models, regular waves, seakeeping, qualisys

#### PENDAHULUAN

Pada dinamika kapal terdapat enam macam gerakan yang dialami kapal pada saat berada dilautan

antara lain *yaw, heave, surge, sway, roll, dan pitch*. Sistem kontrol dari gerakan kapal tersebut harus mempunyai spesifikasi mampu menstabilkan dinainika

kapal. Kapal dapat bergerak oleng disebabkan karena kapal mempunyai kemampuan untuk tegak kembali karena adanya pengaruh luar yang bekerja pada kapal. Pergerakan manouver kapal dan aktivitas gelombang memberikan gangguan pada tingkat stabilitas kapal. Gelombang yang besar akan memberikan momen iniring yang cukup besar sehingga dapat mengalahkan momen pengembali kapal. Apabila proses semacam itu terjadi secara terus menerus, maka pada suatu saat tertentu kapal sudah tidak memiliki kemampuan lagi untuk tegak kembali. Stabilitas *rolling* kapal merupakan kemampuan sistem dalam merespon gangguan untuk berusaha kembali ke keadaan normal. Untuk meredam gerakan oleng digunakan beban yang dapat berpindah untuk menjaga stabilitas kapal. Untuk mengatasi gerak *roll* kapal selalu menjadi masalah bagi para ahli perkapalan karena pengaruhnya tidak hanya pada penumpang kapal dan kru kapal, tetapi juga pada operasi kapalnya sendiri.

Banyak peralatan stabilitas *roll* yang telah sukses diterapkan, salah satu diantaranya adalah penggunaan sirip tegak aktif (*active vertical fin*). Pada kapal patroli membutuhkan kecepatan dan manuver yang tinggi untuk dapat bekerja dengan optimal seperti pada saat melakukan pengejaran terhadap musuh maupun saat menembak musuh.

Beberapa macam sistem untuk mengurangi *rolling* yang terjadi pada kapal, seperti sistem tangki (*U Tank*) maupun sistem kemudi aktif serta sirip aktif. Untuk sirip aktif prinsipnya akan diterapkan pada skeg (skeg aktif), sehingga akan diketahui efek positif yang terjadi pada penggunaan sistem ini bila terjadi gangguan dari gelombang terhadap kestabilan kapal khususnya gerakan *rolling*. Permasalahan ini dibatasi dengan menganggap bentuk lambung kapal cepat yang tetap, dengan mengabaikan perubahan aliran pada daerah sekitar propeller yang diakibatkan modifikasi skeg. Serta pada gangguan yang diakibatkan oleh gelombang beraturan (*regular*) saja pada kolam uji MOB BPPH Surabaya. Juga posisi skeg yang telah dimodifikasi dengan divariasikan pada sudut tertentu tanpa menggunakan kontrol otomatis (variasi sudut skeg secara manual).

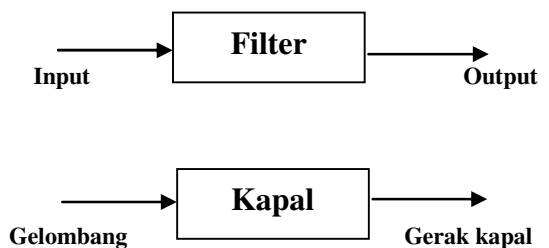
Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh penggunaan skeg yang dapat diatur sudutnya sehingga dapat mengurangi gerakan *rolling* pada sebuah kapal, yang dilakukan pada kondisi air bergelombang, sehingga stabilitas dari kapal cepat menjadi lebih baik.

**Kajian Pustaka**

Skeg merupakan salah satu bentuk modifikasi yang diberikan pada bagian belakang kapal (buritan) yang bertujuan untuk membantu fluida mengalir lebih smooth melewati hull dan propeller aft. Selain itu skeg juga berfungsi untuk menambah support poros sehingga poros menjadi lebih kuat (*rigid*) dan tidak terjadi bending saat propeller berputar dengan putaran yang tinggi. (*Stuart Slade, www.navweaps.com*)

Pada umumnya skeg dibagi menjadi dua jenis, pertama adalah jenis skeg yang ditempatkan inboard dengan shaft propeller, skeg jenis ini mempunyai fungsi, yaitu untuk menyangga *shaft* itu sendiri dan juga untuk memperlancar aliran fluida. Yang kedua adalah skeg yang ditempatkan *outer shaft*, skeg jenis ini akan lebih efektif dalam mengatur aliran fluida agar lebih smooth menuju propeller. (*Stuart Slade, www.navweaps.com*)

*Seakeeping* merupakan aspek dalam hidrodinamika yang mempelajari perilaku kapal diatas gelombang. Dengan kata lain *seakeeping* menunjukkan kemampuan kapal untuk mempertahankan fungsi dalam menjalankan misinya di laut, dimana kapal diumpamakan sebagai filter, kondisi lingkungan sebagai input dan gerak kapal sebagai outputnya (St Dennis and Pierson). Dengan kata lain analisa *seakeeping* sangat tergantung pada informasi karakteristik gelombang dimana kapal akan dioperasikan.

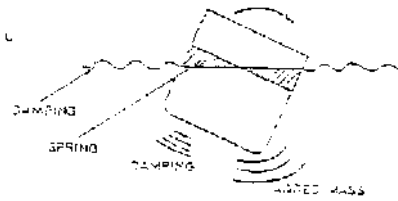


Gambar 1. Analogi respon gerak dengan sistem filter.

Gerak *rolling* adalah gerak putaran kapal pada sumbu x, gerakan ini harus mendapat perhatian karena gerakan ini dapat menimbulkan sudut dinamis yang besar dimana energi atau gaya gelombang akan menimbulkan eksitasi *rolling* yang ekstrim pada frekuensi resonansi. Gerak *rolling* dapat digambarkan sebagaimana gambar dan persamaan gerak bebas *rolling* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$(mk^2 + a)\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = 0 \quad [1]$$

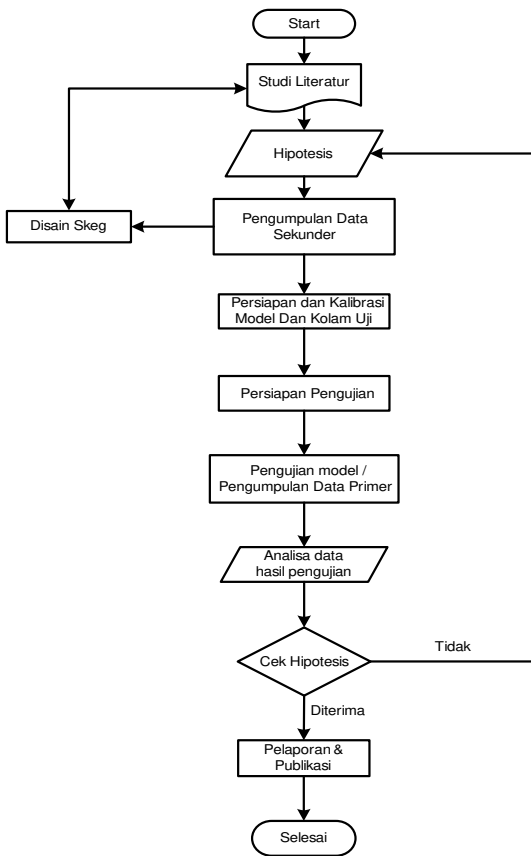
Studi Kelayakan Pemanfaatan Skeg Aktif Sebagai Anti Rolling Pada Kapal Cepat Dengan Metode Uji Model (Mochammad Ali M, A. A. Masroeri dan Baharudin Ali)



dimana :  $\phi$  = sudut roll  
 $m$  = massa dari model kapal  
 $a$  = penambahan masa (moment inersia)  
 $k$  = radius girasi model kapal pengaruh gelombang pada model kapal.

**Metode Penelitian**

Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini, dan dapat diilustrasikan pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Metode Penelitian

Data yang akan diambil adalah besar sudut rolling berdasarkan tabel 1. :

Tabel 1. Skenario Seakeeping Test

Arah Gelombang	90 deg	135 deg
Posisi Skeg		
Skeg 0 deg		
Skeg 10 deg		
Skeg 15 deg		
Skeg 20 deg		
Skeg 25 deg		

Adapun gelombang yang digunakan dalam pengujian ini adalah pada kondisi 1 tinggi gelombang dengan (Hw) 2,5m (sea state 4) dengan periode 7,5 sekon.

**Persiapan Pengujian**

Model kapal cepat yang digunakan pada pengujian ini memiliki ukuran utama sebagai berikut : (skala 70,86)

Tabel 2. Ukuran Utama Model Kapal

LOA	90	m	1,270	m
B	13	m	0,185	m
Dia Prop	3,3	m	0,047	m
vmax	28	Knots	1,711	m/s
vm	18	Knots	1,100	m/s
disp mod	1700	tons	4,661	kg
Draft	3,6	m	0,051	m



Gambar 4. Model Kapal Cepat

Model kapal cepat terbuat dari bahan fiber, dengan rangka kayu dengan warna dasar kuning. Untuk skeg dilakukan modifikasi (dipotong) sehingga dapat diatur sudutnya. Pengaturan skeg menggunakan sistem mekanik berupa sekrup dengan piringan yang memiliki ukuran sudut. Dapat dilihat pada gambar 5. dan gambar 6.

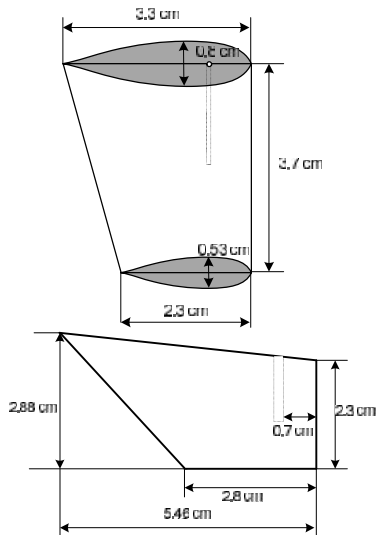


Gambar 5. Skeg yang telah dimodifikasi



Gambar 6. Piringan Pengatur Skeg

Untuk ukuran dari skeg dapat dilihat pada gambar 7, (dibandingkan dengan ukuran daun kemudi/*rudder*)



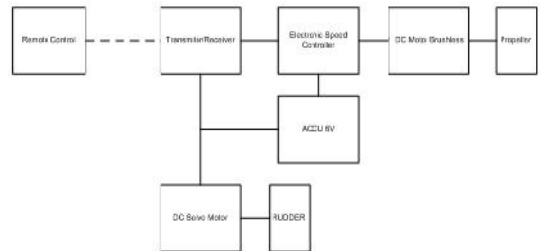
Gambar 7. Ukuran daun kemudi dan skeg yang telah dipotong Model kapal cepat ini menggunakan 2 buah propeller

dengan 1 penggerak (motor dc), sehingga digunakan *gear box* yang memiliki 1 input dengan 2 buah output. Untuk kemudi sebanyak 2 buah menggunakan motor servo dc sebanyak 2 unit.



Gambar 8. Daun Kemudi (*rudder*) dan Propeller

Secara keseluruhan sistem kontrol model kapal menggunakan remote control, untuk mengatur sudut kemudi dan putaran propeller dapat digambarkan seperti gambar 9

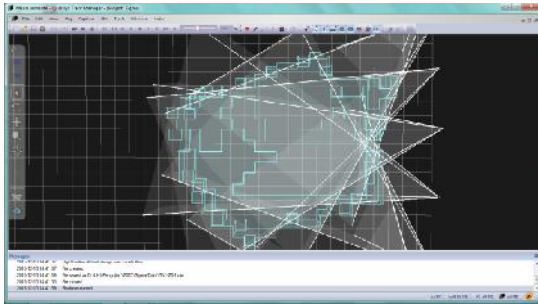


Gambar 9. Blok Diagram Kontrol Model Kapal Cepat

Untuk pengujian seakeeping pada kolam uji disiapkan beberapa alat ukur, antara lain pengukur tinggi gelombang (*Wave Height Sensor*), dan kamera *Qualisys* yang berfungsi menangkap gerakan kapal yang telah dipasang sensor. Sensor WHS dipasang pada tengah kolam uji, dalam hal ini digunakan kolam uji dangkal. Untuk kamera *Qualisys* menggunakan 7 unit kamera, yang terpasang pada sisi kolam uji, sehingga area kolam yang akan terlewati oleh model kapal yang diuji. Setelah kedua alat ukur ini siap pada posisinya, selanjutnya dilakukan kalibrasi.

Kamera *Qualisys* yang telah terpasang di tepi kolam uji akan merekam seluruh gerakan dari model kapal cepat yang terpasang sensor sesuai dengan jangkauan dari masing-masing kamera itu sendiri. Ini

dapat dilihat pada sebuah laptop yang telah terhubung dengan seluruh kamera *Qualisys* yang telah terpasang. Adapun jangkauan dari keseluruhan kamera dapat digambarkan pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Jangkauan Kamera *Qualisys* pada Kolam Uji

Kalibrasi gelombang dilakukan untuk mengukur gelombang yang dihasilkan oleh pembangkit gelombang (*Wave Generator*), pada pengujian kali ini dibutuhkan gelombang reguler. Kalibrasi ini bertujuan untuk menyesuaikan hasil pengukuran dan hasil teori/perhitungan gelombang reguler yang diinginkan. Sensor yang digunakan adalah 2 batang besi dengan jarak dan ukuran tertentu, seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Wave Height Sensor

Kalibrasi *Qualisys* dilakukan untuk merekam secara 3 dimensi model yang akan diukur, sehingga pada saat pengujian kamera *Qualisys* sudah memiliki acuan model yang akan diukur.

### Pengujian Seakeeping Model Kapal Cepat

Setelah persiapan pengujian tersebut dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah pengujian model kapal cepat. Adapun spesifikasi pengujian yang dilakukan adalah :

Jenis Pengujian : *Seakeeping Test Free Running*

Jenis Gelombang : Reguler dengan 2 arah gelombang (90 dan 135)

Instrumentasi : WHS dan *Qualisys*

Kontrol Model Kapal : R/C 2 channel

Kecepatan Model : 0,8 m/s (13 knots)

Sesuai prosedur pengujian *seakeeping* di kolam uji MOB UPT BPPH, pengujian dimulai dengan arah gelombang 90 deg. Dengan dipimpin seorang koordinator yang mengendalikan semua operator instrumentasi maupun kontrol pada kolam uji maupun kontrol pada model kapal. Adapun instruksi dari seorang koordinator pengujian memiliki urutan sebagai berikut :

- Cek Instrumentasi ( WHS dan *Qualisys* ) dan kontrol model
- Start Pembangkit gelombang
- Start Model Kapal
- Start Pengukuran
- Stop Pengukuran
- Stop Pembangkit Gelombang
- Stop Model Kapal

Demikian langkah seperti ini dilakukan, sesuai kebutuhan data yang akan diambil.



Gambar 12. Pengujian Seakeeping Arah Gelombang 135 deg, dengan sudut Skeg 0 deg

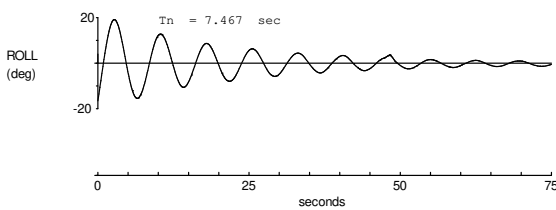
### Hasil Pengujian

Semua hasil pengujian disimpan pada sebuah hard disk, dan kemudian diserahkan ke bagian analisa data. Dengan menggunakan software MatLab, data hasil pengujian dianalisa sehingga dapat terbaca sesuai kebutuhan.

Berikut data hasil pengujian seakeeping model kapal cepat :

### Roll Decay Test

DECAY TEST

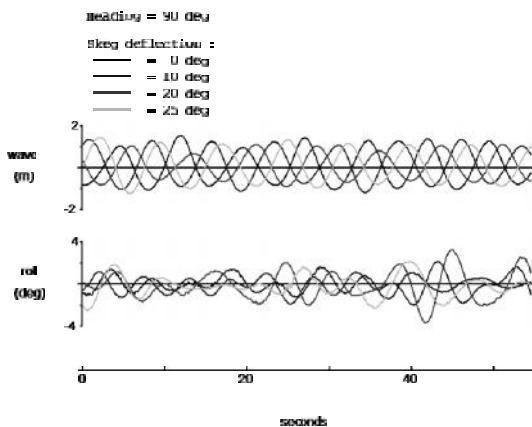


Gambar 13. Hasil Pengujian Roll Decay

Dari gambar 13. dapat terlihat bahwa waktu untuk gerakan roll yang dilakukan secara natural (*natural roll period*)  $T_n$  adalah = 7.467 sec. Pengukuran ini dilakukan pada kolam uji dengan kondisi air tenang.

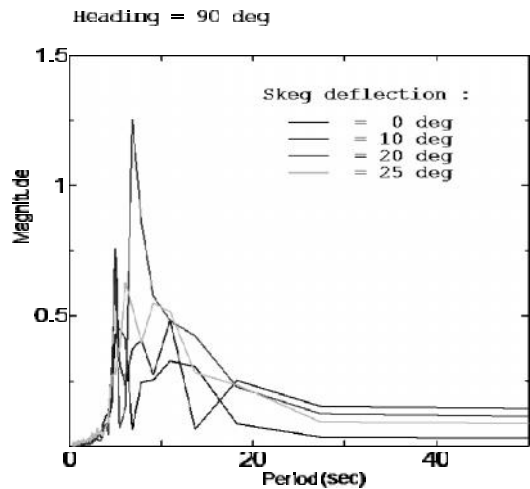
### Seakeeping Test Arah Gelombang 90 deg

Berikut adalah hasil uji seakeeping dengan arah gelombang 90 deg dengan kecepatan model 0,8 m/s (13 knots).



Gambar 14. Hasil uji seakeeping arah gelombang 90 deg dengan variasi sudut skeg

Gambar 14 bagian atas menunjukkan tinggi gelombang *reguler* yang terukur, pada masing-masing sudut skeg yang bervariasi sesuai notasi warna yang digambarkan. Sedangkan untuk gambar dibawahnya adalah besarnya sudut roll yang terjadi pada masing-masing sudut skeg yang divariasikan, mulai 0 deg, 10 deg, 20 deg dan 25 deg. Semua gambar yang ditampilkan berdasarkan time history (*seconds*)



Gambar 15. Roll Spektrum arah gelombang 90 deg, sudut skeg bervariasi

Tabel 2. Luas Spektrum Roll Energi arah gelombang 90 deg

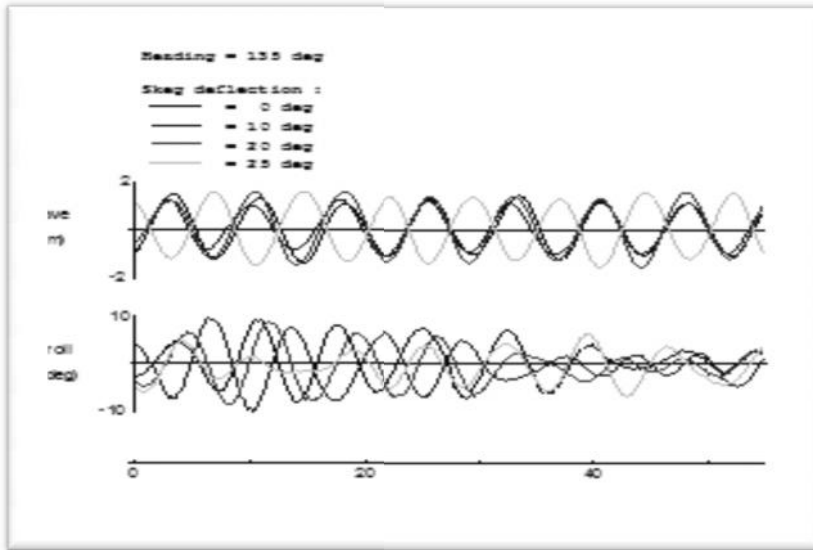
Sudut Skeg (deg)	Luas
0	5.1300
10	9.9318
20	11.6476
25	9.4989

Perhitungan luas dari besarnya energi roll spektrum ini didasarkan pada hasil gelombang *reguler* yang dihasilkan adalah tidak benar-benar *reguler* (murni sinusoidal), sehingga untuk memudahkan perhitungan dan analisisnya digambarkan seperti gambar 15 tersebut. Adapun pada detik tertentu (sekitar detik ke 7) terjadi kenaikan energi roll yang besar ini dikarenakan gelombang yang terjadi hampir sama dengan *natural period* dari model kapal (7,467 sec sesuai dengan roll decay test yang telah dilakukan) dan juga berhimpit dengan frekuensi dari gelombang *reguler* yang dibangkitkan ( $T_w = 7,5$  s)

**Seakeeping Test Arah Gelombang 135 deg**

Untuk hasil pengujian seakeeping dengan arah

gelombang 135 deg adalah sebagai berikut :



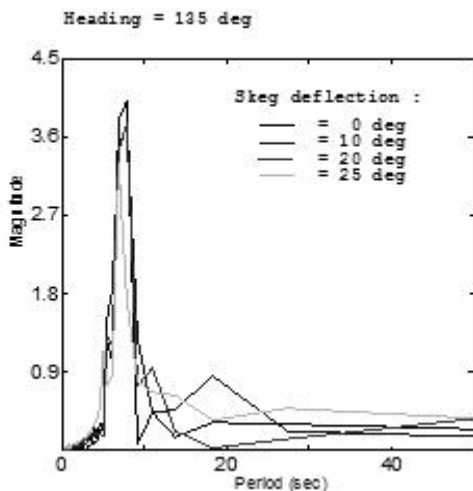
Gambar 16. Hasil Uji Seakeeping arah gelombang 135 deg dengan variasi sudut skeg

Hasil uji *seakeeping* dengan arah gelombang 135 deg dengan kecepatan model 0,8 m/s (13 knots). Gambar 16 atas menunjukkan tinggi gelombang reguler yang terukur, pada masing-masing sudut skeg yang bervariasi sesuai notasi warna yang digambarkan. Sedangkan untuk gambar dibawahnya adalah besarnya sudut roll yang terjadi pada masing-masing sudut skeg yang divariasikan, mulai 0 deg, 10 deg, 20 deg dan 25 deg. Semua gambar yang ditampilkan berdasarkan time history (seconds)

Gambar 17. menunjukkan luas energi roll spectrum yang terjadi pada masing-masing variasi sudut skeg adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Luas Spektrum Roll Energi arah gelombang 135deg

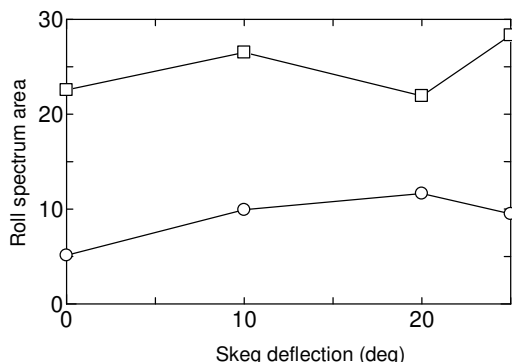
Sudut Skeg (deg)	Luas
0	22.5641
10	26.5225
20	21.9372
25	28.3408



Gambar 17. Roll Spektrum arah gelombang 135 deg, sudut skeg bervariasi

Sama dengan hasil pengujian dengan arah gelombang 90 deg, pada arah gelombang 135 deg ini dimana perhitungan luas dari besarnya energi roll spektrum ini didasarkan pada hasil gelombang reguler yang dihasilkan adalah tidak benar-benar reguler (murni sinusoidal), sehingga untuk memudahkan perhitungan dan analisisnya digambarkan seperti gambar 4.31 tersebut. Adapun pada detik tertentu (sekitar detik ke 7) terjadi kenaikan energi roll yang besar ini dikarenakan gelombang yang terjadi hampir sama dengan natural period dari model kapal (7,467 sec sesuai dengan roll decay test yang telah dilakukan) dan juga berhimpit dengan frekuensi dari gelombang reguler yang dibangkitkan ( $T_w = 7,5$  s)

### Energy Roll Spectrum



Gambar 18. Energi Roll Spectrum tiap sudut skeg

Pada gambar 18 menunjukkan besarnya energi roll spektrum yang terjadi pada model kapal dengan kondisi sesuai sudut skeg yang bervariasi, dengan arah gelombang 135 deg dan 90 deg, dimana energi roll terjadi lebih besar saat gelombang datang dari arah 135 deg. Pada saat sudut skeg 0 deg energi roll yang diterima model kapal adalah sangat kecil dibandingkan dengan sudut skeg berikutnya (10-25 deg) terutama untuk arah gelombang 90 deg. Semakin membesarnya energi spektrum ini diakibatkan skeg yang tidak dapat bergerak secara otomatis sehingga berfungsi sebagai layaknya anti rolling. Sudut skeg yang berubah dan besarnya tetap akan membuat model kapal cenderung memiliki sudut roll yang besar dikarenakan model kapal yang cenderung berbelok karena perubahan sudut skeg yang terjadi (berfungsi seperti rudder yang sedang membelokkan sebuah kapal).

### KESIMPULAN

Telah dilakukan pengujian *seakeeping free running* di kolam uji BPPH BPPT dengan tinggi gelombang  $H_w = 2,5$  m dengan periode  $T_w = 7,5$  (d disesuaikan dengan *roll natural period* saat *roll decay test*) dengan melihat sea state 4 sesuai operasional kapal cepat. Arah gelombang adalah 90 deg (*beam sea*) dan 135 deg (*quartering sea*) dipilih dengan pertimbangan kondisi ekstrim yang terjadi saat di laut lepas.

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa energi roll spektrum yang terjadi pada model kapal cepat adalah lebih besar saat terkena gelombang dengan arah 135 deg, dibandingkan dengan arah gelombang 90 deg (*beam sea*). Adapun modifikasi skeg yang dilakukan tidak berpengaruh

terhadap reduksi gerakan roll pada model kapal ketika uji seakeeping, baik arah gelombang dari sudut 90 deg maupun sudut 135 deg. Hal ini dapat dilihat dari besarnya energi roll yang hampir sama bila dilihat dari besarnya luasan energi roll spektrum yang terjadi pada masing-masing arah gelombang. Ini dimungkinkan karena skeg yang digunakan tidak bergerak secara dinamis sehingga tidak dapat mereduksi gerakan roll yang terjadi pada model kapal cepat. Dengan kata lain gerakan roll pada model kapal akan berkurang apabila skeg dapat bergerak secara otomatis seperti gerakan aktif fin atau *fin stabilizer* dengan menggunakan kontrol dan sensor tertentu.

Sebagai saran adalah dengan menambah sensor berupa *gyro*, yang dapat mengetahui gerakan roll kapal, sehingga menjadi umpan balik pada sebuah kontrol untuk dapat menggerakkan skeg yang dinamis sehingga dapat bergerak seperti fin stabilizer atau aktif fin. Ini dapat dilakukan pada studi selanjutnya untuk memperluas kajian terhadap efek penggunaan skeg aktif yang secara otomatis bergerak untuk mereduksi gerakan roll yang terjadi pada kapal cepat

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Abdel Gawad F. , Saad A. Ragab, Ali H. Nayfeh, Dean T. Mook, "Roll stabilization by anti-roll passive tanks", 1999
- Alfany Hardiyanty, Aulia S.A, dan A. A. Masroeri, Perancangan Sistem Stabilisasi Rudder Roll pada Kapal Perang Kelas SIGMA dengan Kontrol Logika Fuzzy, JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, 2013
- Bhattacharyya, R., *Dynamics of Marine Vehicles*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1978,
- Camstock, E.N. Bales, SL, and Keane, R.G., "Seakeeping in Ship Operations", SNAME STAR Symposium, Sandiego, 1980
- Lloyd, A.R.J.M, and Andrew, R.N., "Criteria for Ship Speed in rough weather", 18<sup>th</sup> American Towing Tank Conference.
- Lloyd, A.R.J.M., *Seakeeping : Ship Behaviour in Rough Weather*, Ellis Horwood Limited, Chichester, 1989.
- Indonesian Hydrodynamic Laboratory, *Operation Manual of Instrumentation*, 1993
- NORDFORSK, The Nordic Cooperative Project, "Seakeeping Performance of Ship", Assessment of Ship Performance in Seaway", 1987.

- Proceedings of 23rd International Towing Tank Conference, Volume 2, pp 18-24, October 2002.
- Ochi, "Extreme Behaviour of a Ship in Rough Seas – Slamming and Shipping Green water", Trans. S.N.A.M.E., 1964.
- Ochi, "*Prediction Occurance and severity of ship Slamming at Sea*", paper presented at a Fifth Symposium on Naval Hydrodynamics, Bergen, Norway, september, 1964.
- Olson, S. R., "A Seakeeping Evaluation of Four Naval Monohulls and 3250 ton SWATH", Centre for Naval Analysis Memorandum 77-0640, 1977
- Pierson, W.J., and St Dennis, M., "On the motion of Ship in Confused Seas", Trans SNAME, Vol 61, pp 280-357, 1953
- Yusuf H Siregar, Syaifuddin, dan Ronald M Hutauruk, "*The Ship With And Without Shaky Fin Stabilizer In Lieu Outrigger*", 2013