



## Analisa Performa *Fin Stabilizer* Untuk Memperbaiki Gerakan *Rolling* Pada Kapal *longline* 90 GT

Imam Nur Hidayat <sup>1)</sup>, Ahmad Fauzan Zakki <sup>1)</sup>, Parlindungan Manik <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Komputer & Desain Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

\*<sup>e-mail</sup> : [immnrhdyt@gmail.com](mailto:immnrhdyt@gmail.com), [ahmadfzakki@yahoo.com](mailto:ahmadfzakki@yahoo.com), [parlin1974@yahoo.com](mailto:parlin1974@yahoo.com)

### Abstrak

Permintaan ikan tuna saat gelombang di laut tidak menentu, menyebabkan kekhawatiran pada nelayan. Salah satu cara mengantisipasinya dengan memperhatikan sistem olah gerak, diharapkan pada kondisi apapun kapal tetap bisa survive, atau tetap pada posisinya. Dalam upaya menurunkan gerakan rolling pada kapal ikan tradisional tipe Longline, penggunaan anti-roll jenis fin stabilizer merupakan salah satu solusi yang ditawarkan untuk mengatasi masalah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah, untuk mengetahui gerakan rolling pada kapal longline 90 GT dengan ada dan tidaknya penambahan fin stabilizer. Diharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk dijadikan rujukan dalam merancang fin stabilizer khususnya kapal longline di Indonesia. Pada penelitian ini, dilakukan analisa perbandingan penggunaan fin stabilizer dengan variasi sudut dan lebar penampang. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan software berbasis CAD yang kemudian dilakukan analisa perhitungan momen peredam untuk mendapatkan nilai Koefisien Damping, yang mana digunakan untuk peredam tambahan pada analisa gerakan rolling kapal menggunakan software berbasis CFD dan Metode Panel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fin stabilizer yang memiliki luasan lebih besar dan dengan sudut kemiringan fin stabilizer pada saat 5 Deg adalah yang paling optimal dalam mengurangi gerakan rolling kapal sebesar 15,61% dengan RMS of Roll sebesar 5,12 Deg.

Kata Kunci : Rolling, Kapal Longline, Anti-Roll, Fin Stabilizer

### 1. PENDAHULUAN

Permintaan ikan tuna saat gelombang di laut tidak menentu menyebabkan kekhawatiran pada nelayan, maka kenyamanan dan keamanan para nelayan merupakan hal yang harus diperhatikan untuk menjaga kepercayaan nelayan dalam menggunakan kapal. Salah satu cara adalah dengan memperhatikan sistem olah gerak tersebut terhadap faktor faktor yang dapat berdampak buruk bagi kapal itu sendiri.

Kemampuan Olah Gerak kapal dapat dipengaruhi oleh faktor dari dalam maupun faktor dari luar. Faktor dari luar merupakan sebagai faktor yang datangnya dari luar kapal yang salah satunya adalah kondisi cuaca yang selalu berubah – ubah. Ketika kapal sedang berlayar akan selalu berhadapan dengan kondisi tersebut. Oleh karena itu diharapkan pada kondisi apapun kapal tetap bisa survive atau tetap pada posisinya. Salah satu

respon kapal terhadap datangnya gelombang adalah gerakan Rolling.

Gerakan rolling kapal merupakan salah satu fenomena dari olah gerak kapal yang dapat berpengaruh terhadap stabilitas kapal. Ketika amplitudo gerakan rolling besar, maka akan dapat menimbulkan capsizing. Salah satuantisipasi bentuk anti-roll yang biasa di gunakan adalah lunas bilga. Namun lunas bilga tidak terlalu efektif dibandingkan dengan active fins yang lebih efektif dalam mengurangi gerakan rolling kapal yang timbul pada saat kapal sedang berlayar[1].

Objek permasalahan tersebut memberikan penjelasan tetapi belum cukup lengkap, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut perihal menggunakan fin stabilizer pada kapal ikan dengan judul, “Studi Perancangan Fin Stabilizer Untuk Memperbaiki Gerakan Rolling Pada Kapal longline 90 GT”.

Merujuk pada penelitian tentang Analisa Fin Stabilizer Terhadap Rolling Pada Kapal Ferry Ro-Ro 500 GT Dengan Metode CFD. Penambahan fin stabilizer pada kapal Ro-Ro mampu mengurangi gerakan rolling sebesar  $4,624^\circ$  atau 82% dari Model 1 [2]. Pada penelitian Analisa Pengaruh Angle of Attack Fin stabilizer terhadap Righting moment pada Kapal Perintis 500 DWT. penelitian ini menjelaskan bahwa fin stabilizer adalah tools anti rolling yang sangat efektif karena berdasarkan prinsip kerjanya konfigurasi sudut serang fin stabilizer dapat mereduksi gerakan rolling lebih dari 50%. Momen gaya fin stabilizer yang digunakan untuk mereduksi gerakan rolling dipengaruhi oleh dimensi fin stabilizer, kecepatan kapal, dan sudut serang dari fin stabilizer. [3]. Pada penelitian *Effect of Fin Area and Control Methods on Reduction of Roll Motion with Fin Stabilizers*. Metode kontrol *fuzzy* yang dikembangkan oleh penulis dapat secara otomatis memvariasikan keuntungan kontrol yang sesuai dengan kondisi gelombang dan meningkatkan kinerja reduksi gulungan terhadap semua gelombang periodik. [4].

Kapal ikan tradisional di Indonesia dalam perkembangannya telah menggunakan antiroll jenis bilge keel dan active fins. *Bilge keel* secara teknis dianggap relatif kurang efisien dibandingkan dengan fin stabilizer, serta untuk active fins yang memiliki nilai rata-rata peredam roll yang lebih tinggi dianggap kurang cocok dari segi ekonomi untuk diterapkan pada kapal ikan tradisional karena jauh lebih mahal dalam pembelian dan perawatannya dibandingkan dengan fin stabilizer [5,6].

Objek permasalahan diatas menunjukkan bahwa fin stabilizer adalah anti rolling yang sangat efektif karena berdasarkan prinsip kerjanya konfigurasi sudut serang fin stabilizer dapat mereduksi gerakan rolling walaupun mempunyai hasil penurunan rolling berbeda – beda tergantung jenis kapal serta variasi fin stabilizer yang diteliti. Sehingga dalam penelitian ini peneliti menggunakan fin stabilizer yang diaplikasikan pada kapal ikan untuk mengetahui penurunan rolling pada kapal longline.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah gerakan rolling pada kapal longline 90 GT dengan ada dan tidaknya penambahan fin stabilizer
2. Bagaimanakah pengaruh variasi bentuk fin stabilizer terhadap gerakan rolling pada kapal longline 90 GT
3. Bagaimanakah pengaruh variasi sudut fin stabilizer terhadap gerakan rolling pada kapal longline 90 GT

## 2. METODE

Kapal yang bergerak di laut bebas hampir selalu mengalami gerakan osilasi [7]. Gerakan osilasi yang dialami kapal diperlihatkan pada gambar dibawah ini yang mana memperlihatkan 6 jenis gerakan yang mana terdiri dari 3 gerakan dilatasi dan 3 gerakan rotasi terhadap sumbu x, y, z.

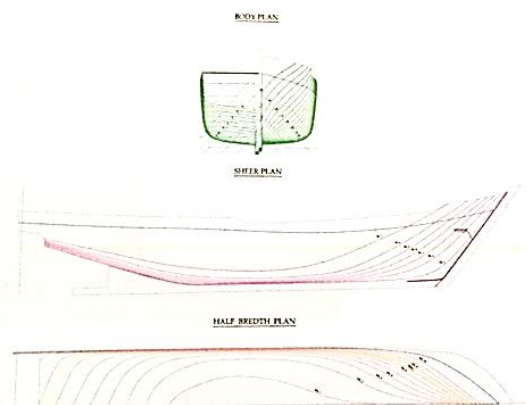
Penelitian ini menggunakan sampel kapal ikan tradisional tipe Longline dengan penambahan *Fin Stabilizer* yang divariasikan pada variabel sudut dan lebar penampang Fin Stabilizer. Data teknis berupa ukuran utama kapal dan *Ukuran Fin Stabilizer*, *Linesplan* kapal serta Variasi model Fin Stabilizer yang dapat dilihat pada Tabel 1,2,3 dan Gambar 1,2.

Tabel 1. Data Primer Kapal

| No | Dimensi                       | Skala Penuh |
|----|-------------------------------|-------------|
| 1  | Length Over All (LOA)         | 25,5 m      |
| 2  | Length of Perpendicular (LPP) | 21,7 m      |
| 3  | Breadth (B)                   | 7,2 m       |
| 4  | Draft Maximum (T max)         | 2,4 m       |
| 5  | Depth (H)                     | 3,9 m       |
| 6  | Vs                            | 13 m        |
| 7  | Displacement                  | 168,6 Ton   |
| 8  | Tonnage                       | 90 GT       |

Tabel 2. Data Sekunder Kapal

| No | Item             | Keterangan   |
|----|------------------|--------------|
| 1  | Material Lambung | Kayu         |
| 2  | Jumlah crew      | 9 orang      |
| 3  | Rute Pelayaran   | Tanjung Bena |



Gambar 1. Linesplan Kapal Longline Kayu 90 GT

Tabel 3. Variasi Model

| No | Type Fin | Panjang Maksimum | Lebar Fin |
|----|----------|------------------|-----------|
| 1  | 10 A     | 1,50 m           | 0,820 m   |
| 2  | 10 B     | 1,20 m           | 0,655 m   |



Gambar 2. Model Kapal dengan *Fin Stabilizer*

Gambar diatas merupakan hasil *render* kapal yang akan kita teliti yang dibuat menggunakan linesplan yang sudah ada.



Gambar 3. Dimensi *Fin Stabilizer Type 10 A*

Gambar diatas merupakan hasil *render fin stabilizer type 10 A* yang akan kita teliti, ini merupakan *type fin stabilizer* yang memiliki luasan terbesar.



Gambar 4. Dimensi *Fin Stabilizer Type 10 B*

Gambar 4 merupakan hasil *render fin stabilizer type 10 B* yang akan kita teliti, ini merupakan *type fin stabilizer* yang memiliki luasan terkecil.

Untuk mendapatkan hasil variasi sudut dan penampang *Fin Stabilizer* terhadap Rolling kapal, penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

**Tahap pertama** adalah membuat model kapal dan *Fin Stabilizer* dimana untuk menentukan ukuran utama *Fin Stabilizer* digunakan rasio ukuran penelitian sebelumnya, yang kemudian didapatkan ukuran utama serta variasi pada sudut dan luas penampang *Fin Stabilizer*.

**Tahap kedua** adalah perhitungan momen peredam *Fin Stabilizer* menggunakan bantuan software berbasis CFD yang kemudian dilakukan olah data untuk mencari nilai slope dengan metode regresi yang merupakan nilai koefisien redaman *Fin Stabilizer*.

**Tahap ketiga** adalah analisa olahgerak kapal (Rolling) menggunakan software berbasis metode panel. Pada tahap ini dilakukan Analisa perhitungan RAO Roll kapal sebelum dan sesudah adanya penambahan *Fin Stabilizer*, dimana hasil perhitungan koefisien redaman dijadikan input dalam proses perhitungan ini. Pada analisa ini menggunakan Spektrum gelombang parameter ITTC dengan ketinggian gelombang sebesar 1,875 meter dan Wave Direction 90° [8] .

**Tahap keempat** yaitu mengolah data hasil analisa olah gerak kapal yang berupa RAO Roll menjadi RMS (Root mean square) Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitudo Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu. Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang regular yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang ( $S\zeta$ ) dengan RAO2 :

$$S\zeta r (\omega) = \text{RAO}^2 \times S\zeta (\omega) \quad (1)$$

Adapun spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bretschneider or ITTC dengan menggunakan dua parameter, yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode rata-rata ( $T_{av}$ )[4].

$$\text{SITTC } \xi (\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp \frac{-B}{\omega^4} \quad (2)$$

dimana :

$\omega$  =Frekuensi gelombang (rad/s)

$$A = 172,75 \frac{H_s^2}{T_{av}^4}$$

$$B = \frac{691}{T_{av}^4}$$

Spektrum gelombang ( $S_w$ ) yang dihasilkan dari persamaan (2) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden ( $\omega_w$ ) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau ecountering wave frequency ( $\omega_e$ ). Gelombang

papasan inilah yang digunakan untuk membuat spektrum gelombang papasan ( $S_e$ ).

Untuk dapat menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan :

$$\omega_e = 1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu \quad (3)$$

dimana :

$\omega_e$  = Frekuensi gelombang papasan (rad/s)

$\omega$  = Frekuensi gelombang (rad/s)

$V$  = Kecepatan kapal (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**Tahap kelima** yaitu membandingkan hasil analisa dengan adanya penambahan *Fin Stabilizer* terhadap standar kriteria seakeeping Nordforsk untuk kapal ikan.

**Tahap Keenam** yaitu penarikan kesimpulan pengaruh variasi sudut dan luas penampang *Fin Stabilizer* terhadap stabilitas dan nilai Rolling kapal.

Analisis gerakan *rolling* menyesuaikan standar kriteria *seakeeping* tergantung dari jenis kapal. Standar kriteria *Nordforsk 1987* mensyaratkan ketentuan sebagai berikut [9].

Tabel 5. Standar Kriteria *NORDFORSK 1987*

| <i>Descriptions</i>                           | <i>Merchant Ships</i>                                  |
|---|--|
| <i>RMS of vertical acceleration at FP</i>     | 0,275 g ( $L \leq 100$ m)<br>0,050 g ( $L \leq 330$ m) |
| <i>RMS of vertical acceleration at Bridge</i> | 0,15 g   |
| <i>RMS of lateral acceleration at Bridge</i>  | 0,12 g   |
| <i>RMS of Roll</i>                            | 6,0 deg  |
| <i>Probability of Slamming</i>                | 0,03 ( $L \leq 100$ m)<br>0,01 ( $L \leq 300$ m)       |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Model 3D Kapal dan *Fin Stabilizer*

Pembuatan model menggunakan software berbasis CAD dengan hasil sebagaimana terdapat pada Gambar 2. Gambar 2 adalah model 3D kapal Gambar 3 dan Gambar 4 adalah model 3D *Fin Stabilizer*.

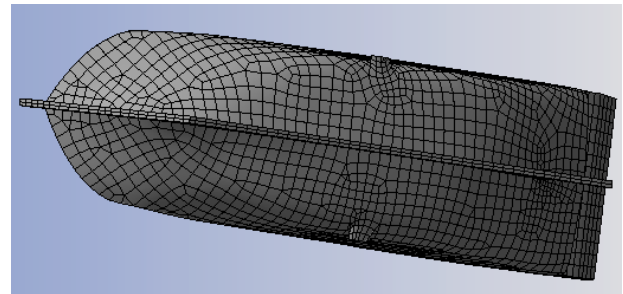
Model ini selanjutnya akan diekspor kedalam bentuk file .iges yang kemudian dijalankan pada software CFD dan metode panel untuk dilakukan proses analisa selanjutnya.

#### 3.2. Koefisien Peredam *Fin stabilizer*

Pada tahap *Geometry* diawali dengan import model *Fin stabilizer* ke software berbasis CAD, dalam penelitian kali ini menggunakan CFD. Langkah selanjutnya yaitu tahap Meshing, hal ini

dilakukan dengan tujuan untuk memberikan kerapatan yang lebih baik pada proses analisa dan hasil yang lebih akurat (Gambar 5).

Langkah berikutnya adalah *Setup* untuk menentukan *Analysis Setting*, *Wave Direction*, *Wave Frequencies* lalu pada *Solution*, insert result lalu pilih *Radiation Damping*, Pada *SubType* Pilih *Gobal RX*, lalu pada Component pilih *Global RX* lalu pilih *Solve*.



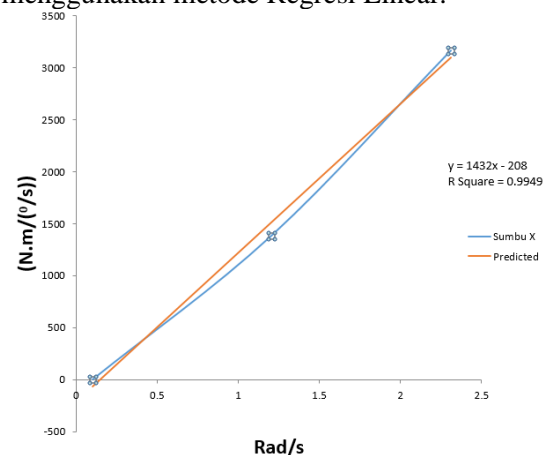
Gambar 5. Meshing *Fin Stabilizer* Kapal

Gambar 5 menunjukkan *meshing* kapal menggunakan software CFD, untuk membentuk kapal agar dapat menjadi bentuk komputasi agar dapat menghasilkan solusi.

Tabel 6. Nilai momen peredam *Fin Stabilizer 10 B 15 Deg*

| Kecepatan Sudut (Rad/s) | Momen Peredam Global RX (N.m/(°/s)) |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 0.1                     | 1.59E-02                            |
| 1.23                    | 1491.974667                         |
| 2.36                    | 3146.133782                         |

Tabel 6 menunjukkan nilai momen peredam yang dihasilkan pada kecepatan sudut yang berbeda-beda. Selanjutnya, tahapan terakhir dalam proses ini yaitu perhitungan momen redam menggunakan metode Regresi Linear.



Gambar 6. Perhitungan Momen Damping Model 10 A 15 Deg

Gambar 6 adalah perhitungan Momen redam Model 10 B 5 Deg. 3 kecepatan sudut menghasilkan momen redam yang berbeda-beda, dapat dihasilkan momen redamnya dengan menggunakan regresi linear. Perhitungan momen peredam menggunakan metode regresi, hasil yang didapat dijadikan nilai Momen Damping sebagaimana yang terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai Momen Damping *Fin Stabilizer*

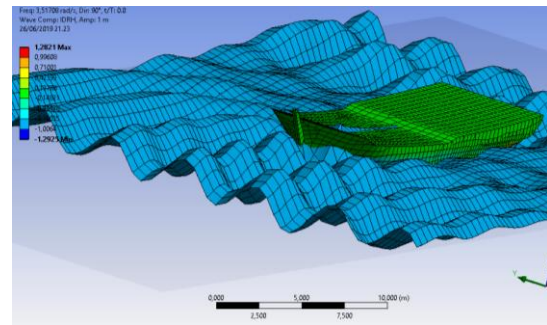
| No | Model       | Momen Damping Global RX (N.m/(°/s)) |
|----|-------------|-------------------------------------|
| 1  | Tanpa Fin   | 568                                 |
| 2  | 10 A 5 Deg  | 1398                                |
| 3  | 10 A 10 Deg | 1438                                |
| 4  | 10 A 15 Deg | 1368                                |
| 5  | 10 B 5 Deg  | 1432                                |
| 6  | 10 B 10 Deg | 1369                                |
| 7  | 10 B 15 Deg | 1392                                |

### 3.3. Olah Gerak Kapal

Pada tahap Geometry diawali dengan import model kapal ke software berbasis metode Panel, dalam penelitian kali ini menggunakan CFD. Langkah selanjutnya yaitu tahap Meshing, pada penelitian kali ini digunakan ukuran Meshing element sizing sebesar 1/40 LOA, hal ini dilakukan dengan tujuan untuk memberikan kerapatan yang lebih baik pada proses analisa dan hasil yang lebih akurat (Gambar 5).

Analisis olah gerak dihitung menggunakan software CFD dengan memasukan nilai damping *fin stabilizer* yang kemudian dilakukan analisa gerakan rolling kapal dengan sudut gelombang 90°. Hasil simulasi gerakan rolling terdapat pada Gambar 7.

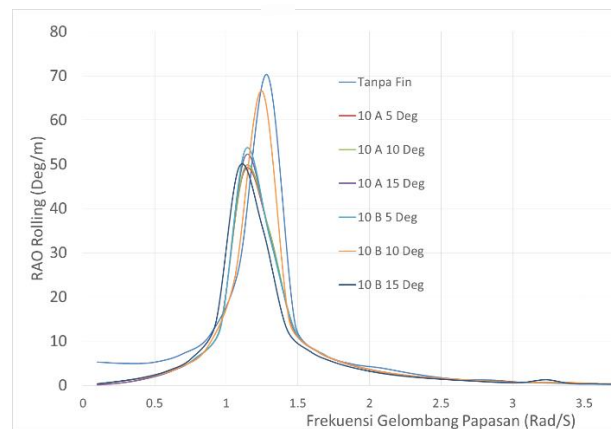
Gelombang laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang reguler yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spektrum gelombang [10]. Perairan di laut Bali, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 1,875 m, dan dari data tinggi gelombang yang didapatkan lalu dicari nilai periode rata-rata ( $T_{av}$ ) pada tabel sea state yaitu 9 [10].



Gambar 7. Ilustrasi Gerakan Rolling kapal

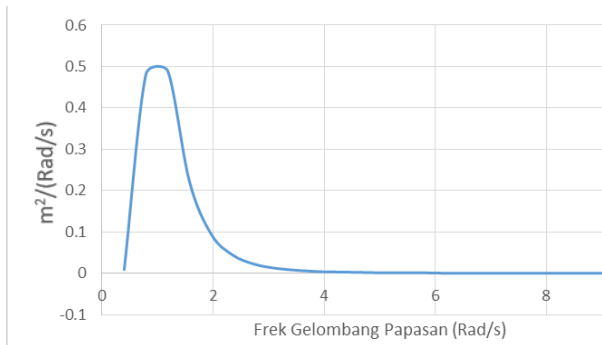
### 3.4. Respon Gerakan Rolling

Hasil analisa olah gerak *Rolling* ini berupa *Response Amplitudo Operator* (RAO) Rolling kapal sebagaimana yang terdapat pada Gambar 8. Kemudian kondisi perairan tempat kapal beroperasi yang digambarkan dengan spektrum gelombang terdapat pada Gambar 9. Kurva RAO dan Spektrum Gelombang ini akan menghasilkan Spektrum Respons (Gambar 10) yang akar dari luasan di dalam kurvanya menghasilkan nilai *Root Mean Square* (RMS) Rolling kapal.



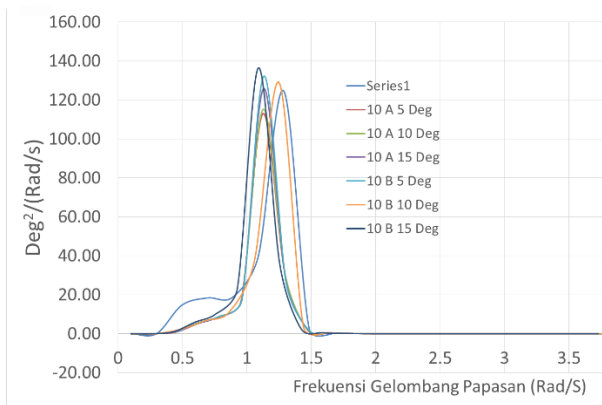
Gambar 8. Perbandingan RAO Rolling

Gambar 8 adalah grafik RAO dari gerakan *rolling* kapal pada arah gelombang sisi kapal atau pada sudut 90°. Dapat dilihat bahwa puncak tertinggi RAO terdapat pada model original (tanpa *fin stabilizer*) yang kemudian disusul oleh model 10 B 15 Deg dan paling rendah pada model 10 A 5 Deg



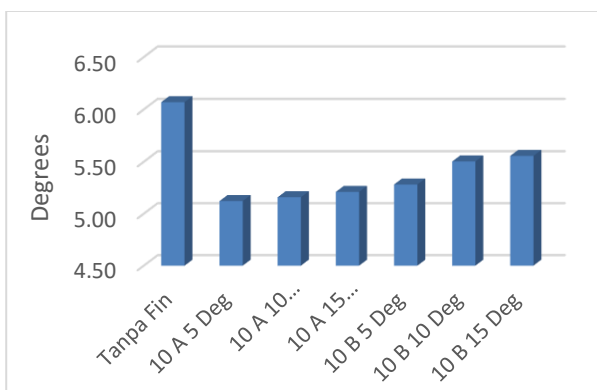
Gambar 9. Spektrum Gelombang pada Gelombang 90°

Spektrum gelombang dapat dilihat pada Gambar 9. Spectrum gelombang di penelitian ini menggunakan *spectrum* gelombang ITTC (*International Towing Tank Conference*).



Gambar 10. Spektrum Respon pada Gelombang 90°

Gambar 10 respon gerakan rolling yang dipresentasikan dengan kurva spektrum respon. Dari gambar tersebut terlihat bahwa luasan dibawah kurva antara kapal yang menggunakan *Fin Stabilizer* dan yang tidak menggunakan berbeda signifikan. Akar dari luasan tersebut disebut dengan RMS merupakan respon gerak rolling kapal di gelombang acak.



Gambar 11. Perbandingan RMS Roll

Akar kuadrat dari luasan kurva dari spektrum respon (RMS) disajikan pada Gambar

11 dan Tabel 7. Dapat dilihat bahwa kapal yang tidak menggunakan fin stabilizer mempunyai RMS rolling sebesar 6,07°. Sedangkan penurunan rolling terbesar pada kapal yang menggunakan fin stabilizer pada Model 10 A 5 Deg sebesar 5,12°.

Hal ini membuktikan bahwa penggunaan fin stabilizer pada kapal dapat meredam gerakan rolling kapal lebih dari 15% dibandingkan dengan yang tidak menggunakan.

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa respon gerakan rolling semua model memiliki perbedaan yang signifikan dapat dilihat bahwa sudut serang paling baik terdapat pada sudut 5°.

Pada penelitian ini Model 10 A 5 Deg dengan luasan fin yang lebih besar di sudut 5°, model 10 A 5 Deg mampu lebih meredam gerakan rolling kapal dibanding model 10 B 15 Deg dengan selisih yang cukup jauh berbeda.

Tabel 8. Perbandingan Presentasi Momen Redam Fin stabilizer

| No | Model       | RMS Rolling (Deg) | Presentase Redam |
|----|-------------|-------------------|------------------|
| 1  | Tanpa Fin   | 6.07              | -                |
| 2  | 10 A 5 Deg  | 5.12              | 15.61            |
| 3  | 10 A 10 Deg | 5.16              | 15.00            |
| 4  | 10 A 15 Deg | 5.21              | 14.15            |
| 5  | 10 B 5 Deg  | 5.28              | 12.99            |
| 6  | 10 B 10 Deg | 5.50              | 9.33             |
| 7  | 10 B 15 Deg | 5.56              | 8.45             |

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapal yang menggunakan fin stabilizer (10 A dan 10 B dengan variasi 5°, 10°, dan 15°) mampu untuk meredam gerakan *rolling* paling kecil terdapat pada type 10 B dengan sudut 15 derajat sebesar 8,45% dan presentase redaman terbesar terdapat pada Type 10 A dengan Sudut 0 Derajat yang menghasilkan redaman sebesar 15,61%.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengaruh konfigurasi luasan yang lebih besar dan sudut serang pada 5° sangat efektif untuk penurunan nilai RMS *Rolling* kapal.

Merujuk pada penelitian tentang Analisa Fin Stabilizer Terhadap Rolling Pada Kapal Ferry Ro-Ro 500 GT Dengan Metode CFD. Penambahan fin stabilizer pada kapal Ro-Ro mampu mengurangi gerakan rolling sebesar 4,624° atau 82% dari Model 1 [2]

Pada penelitian *Effect of Fin Area and Control Methods on Reduction of Roll Motion with Fin Stabilizers*. Metode kontrol *fuzzy* yang dikembangkan oleh penulis dapat secara otomatis memvariasikan kontrol yang sesuai dengan kondisi gelombang dan meningkatkan kinerja

reduksi gulungan terhadap semua gelombang periodik

Melihat perbandingan dengan pasif *fin stabilizer*, aktif *fin stabilizer* dengan menggunakan metode kontrol *fuzzy* dapat lebih efektif dalam penurunan gerakan *rolling* [4].

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karakas, Safak C. Control design of fin roll stabilization in beam seas based on Lyapunov's direct method, 2012.
- [2] Airlangga Herbowo. Analisa fin stabilizer terhadap rolling pada kapal ferry ro-ro 500 GT dengan metode CFD. Jurnal Teknik Perkapalan, 5(2), 353–366, 2017.
- [3] Nur Rifqi Sabila. Analisa Pengaruh Angle of Attack Fin stabilizer terhadap Righting moment pada Kapal Perintis 500 DWT. Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 05, No. 3, 2018.
- [4] Kawazoe T, Nishikido S, Wada Y. Effect of fin area and control methods on reduction of roll motion with fin stabilizers. Bulletin of M.E.S.J. (Marine Engineers Society in Japan), 22(1).pp.25-32, 1994.
- [5] Aalto University School of Engineering, 2016, Control of Ship Motion, <http://mycourse.aalto.fi/SD10> Control(6/4/2017).
- [6] Kula, K. S. An Overview of Roll Stabilizers and Systems For Their Control, The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 9(3): 405-414, 2015.
- [7] Harso, W., Badan, N., Teknologi, P., View, T., Sinergi, M., Nasional, R., ... Nugroho, W. H. Gerakan Non-linier Rolling Kapal di Gelombang Beraturan ( Kajian Numerik ), (April). 2017
- [8] Farhan Abdul karim. Desain Passive U-Tube Tank pada Kapal Ikan Tradisional Tipe Kragan Guna Menurunkan Rolling Kapal. Jurnal Teknik Perkapalan, Vol. 15, No. 3, 2018.
- [9] Nordforsk, "Assessment Of Ship Performance In A Seaway: The Nordic Co-Operative Project: 'Seakeeping Performance Of Ships,'" 1987.
- [10] Winden, B. Anti Roll Tanks in Pure Car and Truck Carriers, Tesis, KTH Centre for Naval Architecture, Stockholm, 2009.