



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa *Fin Stabilizer* Terhadap *Rolling* Pada Kapal Ferry Ro-Ro 500 GT Dengan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Airlangga Herbowo¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾, Muhammad Iqbal¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: airlanggaherbowo@hotmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id,
iqbal.muhammad.1412@gmail.com

Abstrak

Potensi laut di Indonesia dapat dimanfaatkan dalam segi transportasi laut untuk menghubungkan pulau-pulau di Indonesia. Melihat meningkatnya minat masyarakat dalam menggunakan transportasi laut sebagai sarana penunjang, maka kenyamanan dan keamanan para penumpang merupakan hal yang harus diperhatikan untuk menjaga kepercayaan masyarakat dalam menggunakan kapal. Salah satu cara untuk menjaga kenyamanan dan keamanan para penumpang adalah dengan memperhatikan sistem stabilitas maupun olah gerak kapal pada saat berlayar mengarungi lautan. Kemampuan olah gerak kapal (*seakeeping*) merupakan salah satu aspek penting yang berkaitan dengan gerakan kapal dalam merespon pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada kapal. Dalam meningkatkan upaya kualitas dari olah gerak pada kapal, penggunaan sistem *anti-roll* pada kapal mampu mempengaruhi respon gerakan *rolling* pada kapal salah satu sistem *anti-roll* adalah *fin stabilizer*. Pada penelitian ini di ambil *fin stabilizer roll royce* tipe *Aquarius* dengan memvariasikan sudut dan luasan untuk mencari pengaruh terhadap gerakan *rolling* kapal setelah adanya penambahan *fin stabilizer*. Kemudian dilakukan analisa olah gerak kapal dengan menggunakan metode CFD pada *software Tdyn SeaFEM*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *fin stabilizer* yang memiliki luasan lebih besar dan dengan sudut kemiringan *fin stabilizer* pada saat 0° adalah yang paling optimal dalam mengurangi gerakan *rolling* kapal sebesar 82% dengan RMS of Roll sebesar 0.992°.

Kata Kunci : *Fin Stabilizer*, *Rolling Motion*, Kapal Ro-Ro, Olah Gerak, *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

1. PENDAHULUAN

Salah satu sarana transportasi yang cukup efektif dan efisien guna menunjang kebutuhan pengangkutan barang dan penumpang adalah kapal laut. Melihat meningkatnya minat masyarakat dalam menggunakan transportasi laut sebagai sarana penunjang, maka kenyamanan dan keamanan para penumpang merupakan hal yang harus diperhatikan untuk menjaga kepercayaan masyarakat dalam menggunakan kapal. Salah satu cara untuk menjaga kenyamanan dan keamanan para penumpang 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 satu antisipasi 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].

1.1. Pembatasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan.

Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Analisa gerakan *rolling* dilakukan pada kapal ferry Ro-Ro 500 GT.

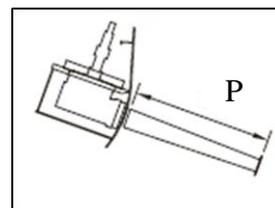
Tabel 1. Data Ukuran Kapal

| | |
|-----------------------------|----------|
| <i>Length Perpendicular</i> | 40,15 m |
| <i>Draft</i> (T) | 2,15 m |
| <i>Height</i> (H) | 3,20 m |
| <i>Breadth Moulded</i> (B) | 12,00 m |
| <i>Service Speed</i> (Vs) | 11 knots |

2. Perancangan model lambung kapal menggunakan *software Rhinoceros*.
3. Perancangan *fin stabilizer* menggunakan *software Qblade*
4. Analisa dan pengolahan data menggunakan *software Maxsurf* dan *Tdyn SeaFEM*.
5. Kecepatan kapal 11 Knot
6. Spektrum gelombang menggunakan parameter ITTC dengan ketinggian 1 meter
7. Model *fin stabilizer* menggunakan spesifikasi dari *roll royce* tipe Aquarius

Tabel 2. Tipe *fin stabilizer*

| Tipe <i>Fin Stabilizer</i> | Luas Maksimum <i>Fin</i> (m ²) | Dimensi <i>Fin</i> (m) P |
|----------------------------|--|-----------------------------|
| A100 | 4,21 – 5,78 | 3,99 |
| A25 | 1,06 – 2,05 | 2,44 |



Gambar 1. Dimensi *Fin Stabilizer*

8. Variasi sudut *fin stabilizer* 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, dan 30° untuk masing – masing tipe *fin stabilizer*.
9. *Wave direction* 90°
10. Tidak ada pengujian *Towing Tank*.

1.2. Tujuan Penelitian

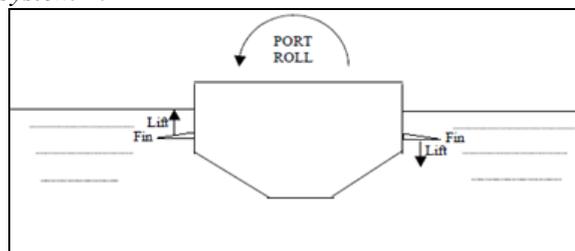
Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka dalam penelitian ini diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah gerakan *rolling* pada kapal Ro-Ro 500 GT dengan ada dan tidaknya penambahan *fin stabilizer* ?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi luasan *fin stabilizer* terhadap gerakan *rolling* pada kapal Ro-Ro 500 GT?
3. Bagaimanakah pengaruh variasi sudut *fin stabilizer* terhadap gerakan *rolling* pada kapal Ro-Ro 500 GT?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Fin Stabilizer*

Fin stabilizer adalah suatu peralatan lambung untuk mengurangi gerakan *rolling* (gerak ke-olengan) kapal yang disebabkan oleh gelombang air laut dengan cara menghasilkan gaya angkat dari *fin* yang terpasang pada kedua sisi lambung kapal. Karena *fin stabilizer* berfungsi untuk mengurangi gerakan *rolling* kapal, maka dapat dikatakan sebagai *anti-roll* atau *roll damping system*^[2].



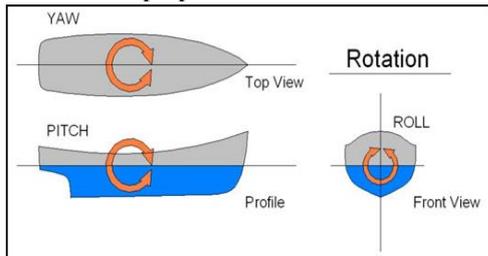
Gambar 2. Posisi *fin stabilizer* pada kapal

2.2 Olah Gerak Kapal

Pada dasarnya kapal yang berada di atas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya eksternal yang menyebabkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan kapal ini disebabkan adanya faktor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu^[3] :

Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi:

- *Rolling*
Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu X berupa olengan ke arah *starboard-portside*.
- *Pitching*
Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Y berupa anggukan *by the bow-by the stern*.
- *Yawing*
Gerakan bersudut sesuai dengan sumbu Z berupa putaran.



Gambar 3. Macam-macam gerak rotasi kapal

2.4. Response Amplitudo Operator (RAO)

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_{ζ}) dengan RAO^2 :

$$S_{\zeta,r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (2)$$

2.5. Spektrum Gelombang

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].

$$S_{ITTC \zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right) \quad (3)$$

dimana :

$$\omega = \text{Frekuensi gelombang (rad/s)}$$

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

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

Spektrum gelombang (S_w) yang dihasilkan dari persamaan (3) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan

kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden (ω_w) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau *encountering wave frequency* (ω_e). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spektrum gelombang papasan (S_e).

Untuk dapat menghitung frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan :

$$\omega_e = \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right) \quad (4)$$

dimana :

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

$$\omega = \text{Frekuensi gelombang (rad/s)}$$

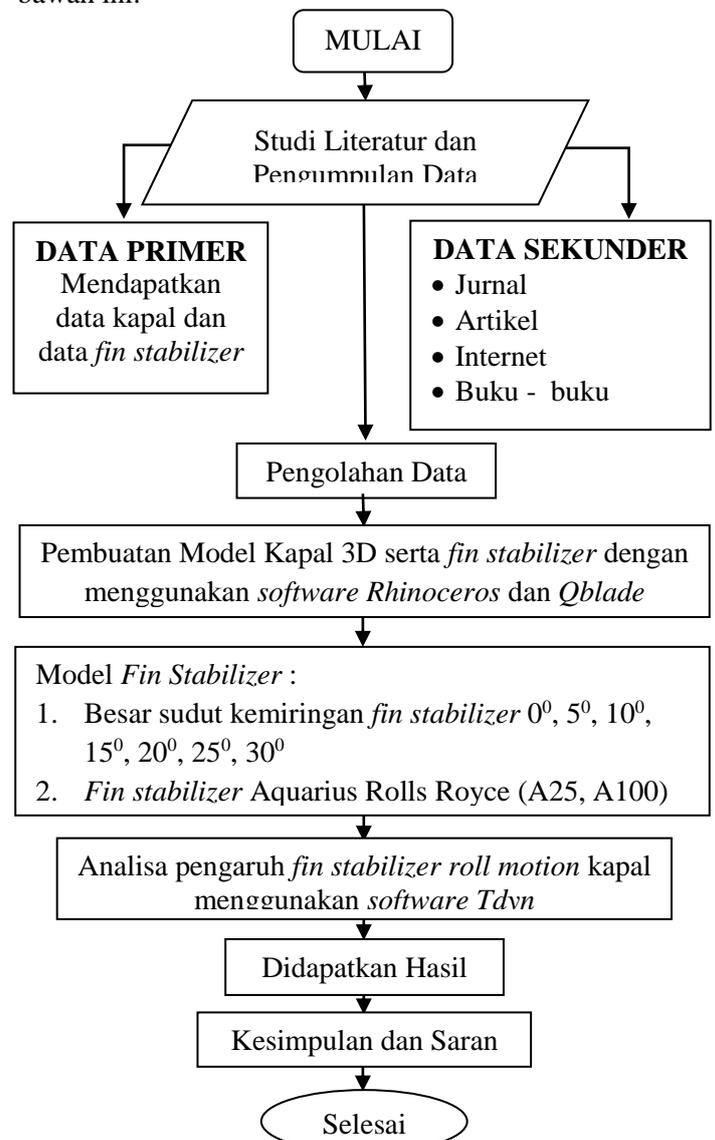
$$V = \text{Kecepatan kapal (m/s)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Metode yang digunakan pada penelitian ini terangkum secara sistematis dalam diagram alir di bawah ini:

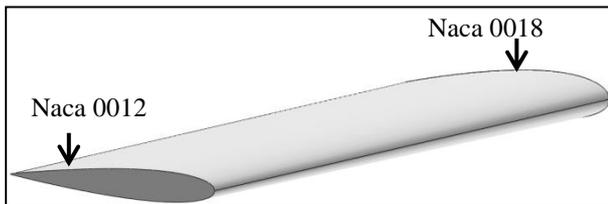


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

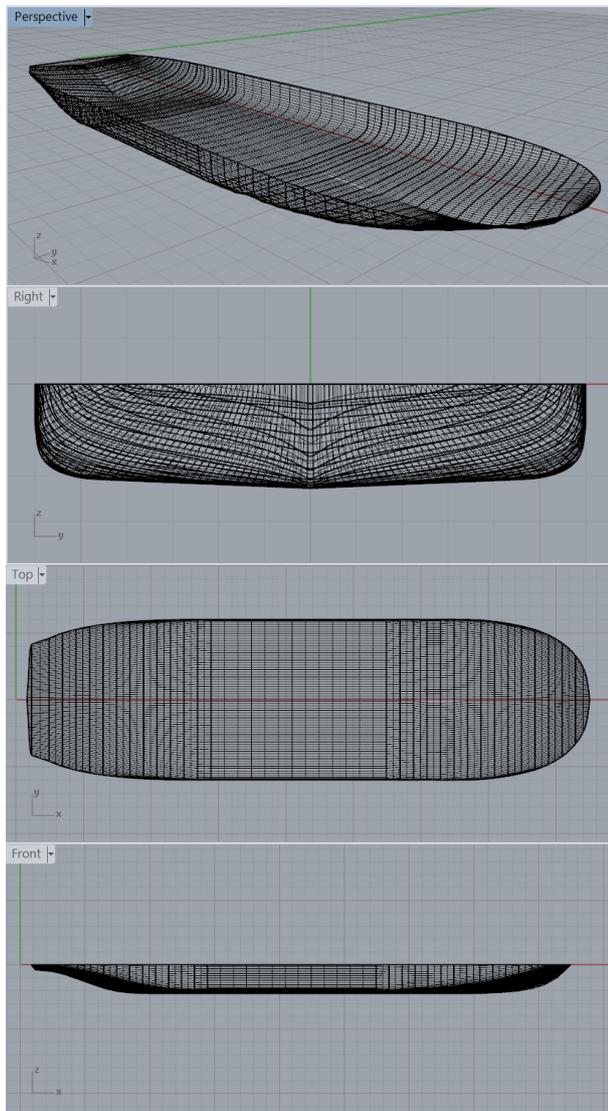
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Model

Pembuatan model kapal menggunakan *software Rhinoceros* sedangkan untuk pembuatan model *fin stabilizer* menggunakan *software Qblade_v.0.9.1b* dengan jenis *NACA Foil* 0018 dan 0012 dengan spesifikasi yang terdapat pada Tabel 1. Selanjutnya dilakukan penyambungan antara model 3D kapal dengan model 3D *fin stabilizer* menggunakan *software Rhinoceros*.



Gambar 6. Output model 3D *fin stabilizer* pada *software Qblade_v.0.9.1b*

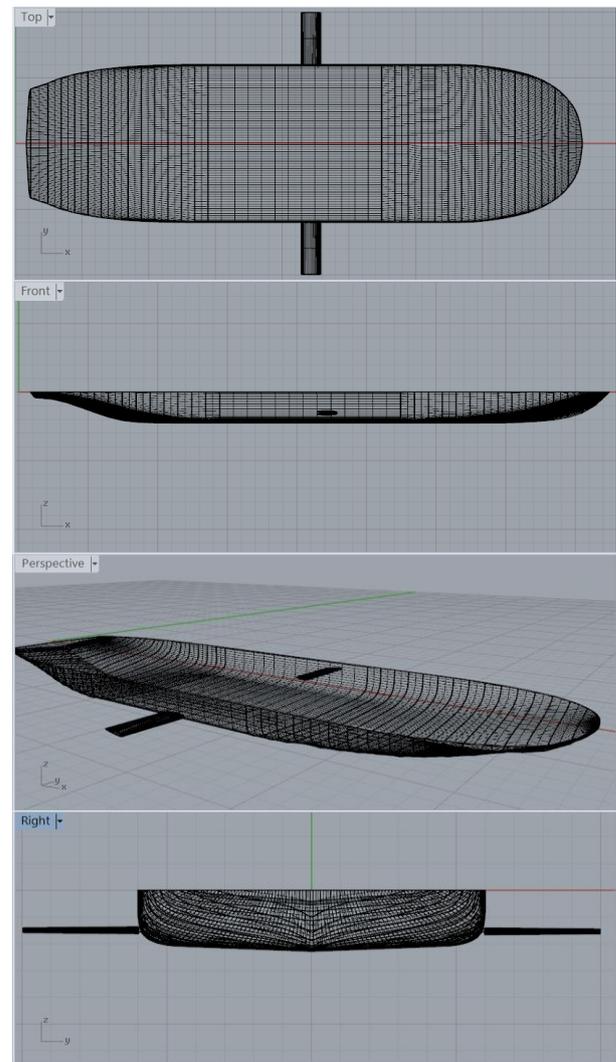


Gambar.7 Model Kapal pada *software Rhinoceros*

Permodelan di buat menjadi 15 buah model pada Tabel 3 :

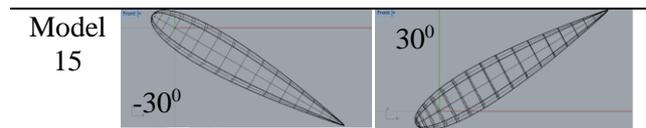
Tabel 3. Variasi Model Penelitian

| Model | Tipe | Sudut <i>Fin Stabilizer</i> |
|----------|------|-----------------------------|
| Model 1 | - | Tanpa <i>Fin Stabilizer</i> |
| Model 2 | A100 | 0° |
| Model 3 | A100 | 5° |
| Model 4 | A100 | 10° |
| Model 5 | A100 | 15° |
| Model 6 | A100 | 20° |
| Model 7 | A100 | 25° |
| Model 8 | A100 | 30° |
| Model 9 | A25 | 0° |
| Model 10 | A25 | 5° |
| Model 11 | A25 | 10° |
| Model 12 | A25 | 15° |
| Model 13 | A25 | 20° |
| Model 14 | A25 | 25° |
| Model 15 | A25 | 30° |



Gambar.8 Model Kapal yang menggunakan *fin stabilizer* Tipe A100

| Model | Starboard Side | PortSide |
|----------|----------------|----------|
| Model 1 | - | - |
| Model 2 | | |
| Model 3 | | |
| Model 4 | | |
| Model 5 | | |
| Model 6 | | |
| Model 7 | | |
| Model 8 | | |
| Model 9 | | |
| Model 10 | | |
| Model 11 | | |
| Model 12 | | |
| Model 13 | | |
| Model 14 | | |

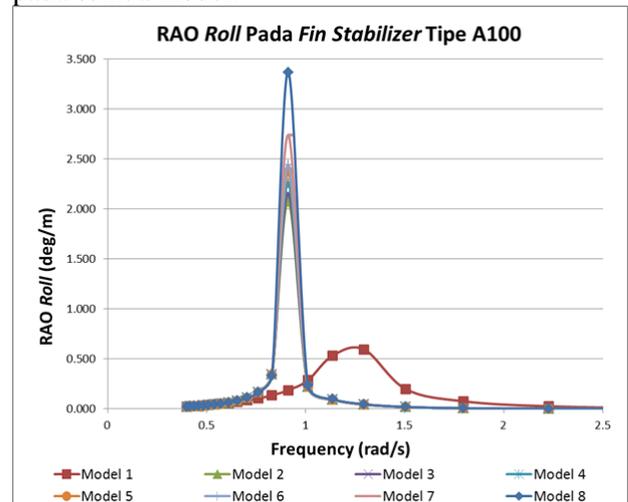


Tabel 5. Dimensi *Fin Stabilizer* pada tiap model

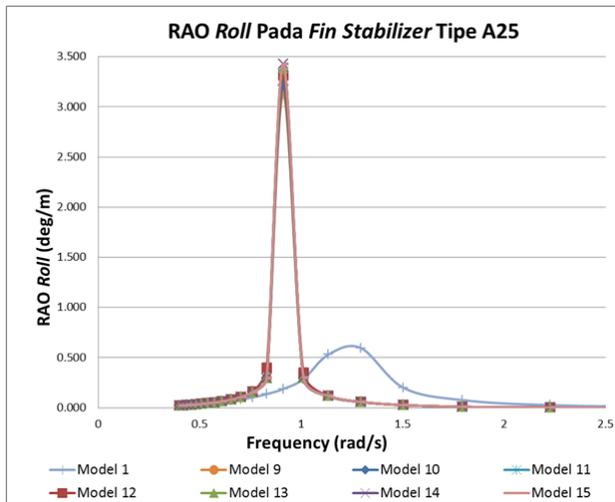
| Model | Tipe | Panjang <i>Fin</i> (m) | Lebar <i>Chord Fin</i> (m) |
|----------|------|------------------------|----------------------------|
| Model 1 | - | - | - |
| Model 2 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 3 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 4 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 5 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 6 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 7 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 8 | A100 | 3.99 | 1.45 |
| Model 9 | A25 | 2.44 | 0.84 |
| Model 10 | A25 | 2.44 | 0.84 |
| Model 11 | A25 | 2.44 | 0.84 |
| Model 12 | A25 | 2.44 | 0.84 |
| Model 13 | A25 | 2.44 | 0.84 |
| Model 14 | A25 | 2.44 | 0.84 |
| Model 15 | A25 | 2.44 | 0.84 |

4.2 Analisa Olah Gerak

Analisa olah gerak kapal pada penelitian ini menggunakan software *Tdyn SeaFEM*. Analisa olah gerak kapal dilakukan pada kapal Ro-Ro 500 GT dengan penambahan *fin stabilizer* yang sudah divariasikan meliputi gerakan *rolling*. Berikut ini hasil analisa grafik RAO pada gelombang 90° pada semua model:

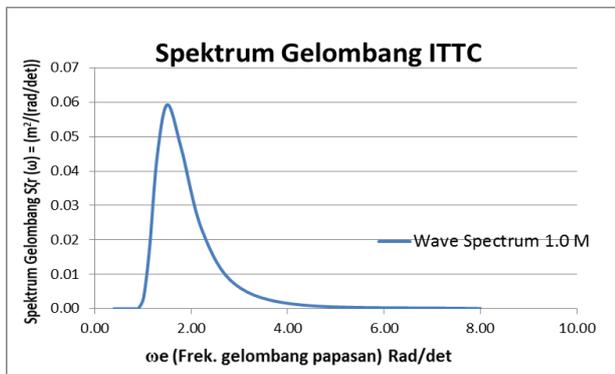


Grafik1. RAO *Rolling* pada model penelitian yang menggunakan *Fin Stabilizer* tipe A100



Grafik 2. RAO Rolling pada model penelitian yang menggunakan *Fin Stabilizer* tipe A25

Puncak gelombang pada grafik menunjukkan bahwa gerakan tertinggi kapal terjadi pada nilai tersebut.



Grafik 3. Spektrum Gelombang ITTC pada ketinggian gelombang 1 meter

Untuk perairan sekitar kepulauan mentawai, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tinggi gelombang signifikan (H_s) 1 m, dan dari data tinggi gelombang yang didapatkan lalu dicari nilai periode rata-rata (T_{av}) pada tabel *sea state* yaitu 3,2109^[4]. Luasan di bawah kurva spektrum respon di atas disebut dengan m_0 . Dari nilai m_0 kita akan mendapatkan nilai RMS untuk gerakan *rolling* kapal.

Tabel 6. Nilai RMS pada Model Kapal yang menggunakan *fin stabilizer* tipe A100 dengan arah sudut gelombang 90°

| Model | RMS Roll (deg) | Selisih RMS of Roll terhadap Model 1 | Presentase selisih RMS of Roll terhadap Model 1 |
|---------|----------------|--------------------------------------|---|
| Model 1 | 5.616 | - | - |
| Model 2 | 0.992 | -4.624 | 82.34% |

| | | | |
|---------|-------|--------|--------|
| Model 3 | 1.022 | -4.594 | 81.80% |
| Model 4 | 1.060 | -4.556 | 81.13% |
| Model 5 | 1.102 | -4.514 | 80.38% |
| Model 6 | 1.129 | -4.487 | 79.90% |
| Model 7 | 1.241 | -4.375 | 77.91% |
| Model 8 | 1.485 | -4.131 | 73.57% |

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai RMS of Roll yang terbaik terdapat pada Model 2 dengan nilai 0.992⁰ dan selisih nilai dari Model 1 (Model kapal tanpa menggunakan *fin stabilizer*) sebesar 4.624⁰ atau sebesar 82%.

Tabel 7. Nilai RMS pada Model Kapal yang menggunakan *fin stabilizer* tipe A25 dengan arah sudut gelombang 90°

| Model | RMS Roll (deg) | Selisih RMS of Roll terhadap Model 1 | Presentase selisih RMS of Roll terhadap Model 1 |
|----------|----------------|--------------------------------------|---|
| Model 1 | 5.616 | - | - |
| Model 9 | 1.411 | -4.205 | 74.88% |
| Model 10 | 1.445 | -4.172 | 74.29% |
| Model 11 | 1.447 | -4.139 | 73.70% |
| Model 12 | 1.516 | -4.100 | 73.00% |
| Model 13 | 1.520 | -4.097 | 72.94% |
| Model 14 | 1.542 | -4.075 | 72.56% |
| Model 15 | 1.558 | -4.058 | 72.26% |

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai RMS of Roll yang terbaik terdapat pada Model 9 dengan nilai 1.411⁰ dan selisih nilai dari Model 1 (Model kapal tanpa menggunakan *fin stabilizer*) sebesar 4.205⁰ atau sebesar 75%.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil yang telah didapatkan dan dibahas pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan *fin stabilizer* pada kapal Ro-Ro mampu mengurangi gerakan *rolling* pada kapal yang dapat dilihat dari selisih masing-masing Model kapal yang menggunakan *fin stabilizer* terhadap Model 1 (Model kapal tanpa menggunakan *fin stabilizer*) dan Model 2 merupakan yang terbaik dibandingkan Model lainnya dengan nilai selisih *Rolling* sebesar 4,624⁰ atau 82% dari Model 1.
2. Sudut *fin stabilizer* yang paling optimal dalam hal mengurangi gerakan *rolling* pada kapal adalah ketika sudut *fin stabilizer* tersebut berada pada sudut 0° yang dapat dilihat pada Model 2 dan Model 9 dibandingkan ketika sudut *fin*

stabilizer berada pada posisi 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , dan 30° .

3. *Fin stabilizer* tipe A100 merupakan *fin stabilizer* yang paling optimal dalam mengurangi gerakan *rolling* pada kapal sebesar 82% dibandingkan dengan *fin stabilizer* tipe A25 karena perbedaan luasan yang dimiliki oleh kedua tipe *fin stabilizer* tersebut.

5.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, maka penulis menyarankan dan merekomendasikan hal sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang dilakukan, peneliti merekomendasikan variasi model *foil* dari bentuk *fin stabilizer*.
2. Perlu dilakukan suatu penelitian lanjut yang lebih mendetail tentang geometri *fin stabilizer* pada kapal-kapal terutama untuk mendapatkan performa olah gerak kapal terutama respon kapal terhadap gelombang berupa gerakan *rolling* kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karakas, Safak C. 2012. Control design of fin roll stabilization in beam seas based on Lyapunov's direct method
- [2] T Kawazoe et al., 1994. Effect of Fin Area and Control Methods on Reduction of Roll Motion with Fin Stabilizers.
- [3] Manik, P. Analisa Gerakan Seakeeping Kapal Pada Gelombang Reguler, Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [4] Iqbal, M., & Rindo, G. 2015. Optimasi bentuk demihull kapal katamaran untuk meningkatkan kualitas. Kapal, Vo. 12, no. 1.
- [5] Hafida A, Recha. 2014. Analisa Stabilitas Kapal RORO Passanger 5000 GT Merak-Bakauheni dengan Variasi Lebar dan Panjang Bilge Keel, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, UNDIP. SEMARANG.
- [6] Bhattacharya, R. 1978. Dynamics of Marine Vehicles. New York: John Wiley & Sons.