



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Kekuatan Pondasi Bollard Pada Tongkang Santan 195 Dengan Metode Elemen Hingga

Irvan Putera Samudera<sup>1)</sup>, Hartono Yudo<sup>1)</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : [irvansamudera@gmail.com](mailto:irvansamudera@gmail.com) [Hartonoyudo@yahoo.com](mailto:Hartonoyudo@yahoo.com) [Ekosasmitohadi@gmail.com](mailto:Ekosasmitohadi@gmail.com)

### Abstrak

*Tongkang* merupakan salah satu media yang biasa digunakan untuk pengujian kemampuan kapal tunda (*Bollard Pull Test*). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai analisa kekuatan terjadi pada konstruksi pondasi bollard tongkang, mengetahui variasi pada bollard tongkang untuk meminimalisir kerusakan saat tegangan maksimum dan jenis desain bollard tongkang yang paling optimal. Hasil analisa bollard yang dilakukan ketika ditarik rah 0 derajat nilai tegangan maksimum dengan variasi 2 bracket sebesar  $8,25 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar  $8,3 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket sebesar  $8,2 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>. Diarah 30 derajat dengan variasi 2 bracket sebesar  $3,06 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar  $3,04 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket  $3,06 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>. Diarah 45 derajat sebesar dengan variasi 2 bracket sebesar  $5,86 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar  $6,34 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket sebesar  $5,8 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>. Diarah 60 derajat dengan variasi 2 bracket sebesar  $3,06 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar  $8,93 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, dan 4 bracket sebesar  $3,06 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>. Diarah 90 derajat dengan variasi 2 bracket sebesar  $3,02 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar  $3,04 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket sebesar  $8,2 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>.

Kata Kunci : Bollard, bracket , Bollard Pull Test

### 1. PENDAHULUAN

Tongkang digunakan untuk mengangkut muatan dalam jumlah besar seperti kayu, pasir, batu bara, dan lain lain dengan ditarik kapal tunda. Saat berlayar mengharuskan kondisi tongkang dalam keadaan aman dan baik, karena dalam perencanaan sebuah konstruksi kapal, pada dasarnya adalah merencanakan konstruksi yang mempunyai tegangan pada batas yang diijinkan.

Tongkang merupakan salah satu media yang biasa digunakan untuk pengujian kemampuan kapal tunda (*Bollard Pull Test*). Ada beberapa komponen pada tongkang yang digunakan saat bollard pull test salah satunya adalah bollard.

Hal ini menunjukkan adanya beban tarik terhadap pondasi bollard tersebut salah satunya beban statis yang mengakibatkan terjadinya distribusi tegangan pada towing hook dan towing winch akibat beban tarik dari kapal Tugboat yang

menimbulkan masalah seperti deformasi, keretakan, kerusakan, dll. Dalam perencanaann desain konstruksi pondasi bollard harus dapat menjamin suatu kostruksi yang tingkat tegangannya tidak pernah lebih, yang akan menjaga struktur dibawah daerah elastic ini adalah persyaratan kekuatan. Konstruksi pondasi bollard harus dirancang untuk menghindari elastic deformation yang berlebihan karena dapat mengakibatkan perubahan bentuk geometri akibat dari beban yang diterima.

Maka penulis akan menganalisa suatu konstruksi pondasi bollard tongkang yang mempunyai tingkat tegangan pada batas yang diijinkan yang diterima oleh konstruksi tersebut. Penulis berharap dari penelitian ini agar para desainer kapal dapat merencanakan kontruksi pondasi bollard dengan lebih baik sehingga dapat menopang beban dan gaya yang terjadi.

Dengan memperhatikan pada latar belakang

maka diambil beberapa rumusan masalah pada Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Berapa nilai analisa kekuatan yang terjadi pada konstruksi pondasi bollard tongkang.
2. Penambahan jumlah variasi bracket pada bollard tongkang untuk meminimalisir kerusakan saat terjadi tegangan maksimum dan dicari yang paling optimum.
3. Berapa nilai beban maksimum masing masing bollard.

Sesuai dengan latar belakang dan permasalahan yang telah dibahas maka penelitian ini mempunyai beberapa tujuan. Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai analisa kekuatan yang terjadi pada konstruksi pondasi bollard tongkang.
2. Mengetahui jumlah variasi bracket pada bollard tongkang untuk meminimalisir kerusakan saat terjadi tegangan maksimum dan dicari yang paling optimum.
3. Mengetahui nilai beban maksimum masing – masing bollard.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah suatu metode numerik yang cocok di gunakan dengan komputer digital, dengan metode ini suatu elastic kontinum dibagi – bagi (*discretized*) menjadi beberapa substruktur (elemen) yang kemudian dengan menggunakan matriks, defleksi dari tiap titik (*node*) akan dihubungkan dengan pembebanan, properti material, property geometric dan lain – lain. [1]

Metode elemen hingga telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan berbagai persoalan mekanika dengan geometri yang komplek. Beberapa hal yang membuat metode ini favorit adalah karena secara komputasi sangat efisien, memberikan solusi yang cukup akurat terhadap permasalahan yang kompleks dan untuk beberapa permasalahan metode ini mungkin adalah satu – satunya cara, tetapi karena analisa elemen hingga merupakan alat untuk simulasi maka desain yang sebenarnya di idealisasikan dengan kualitas model desain. Model diharuskan sebisa mungkin mendekati aslinya agar hasil analisa juga mendekati hasil yang real. [3]

### 2.2. Tegangan

Pada umumnya tegangan adalah gaya dalam yang bekerja pada luasan yang kecil tak hingga pada sebuah potongan dan terdiri dari

bermacam-macam besaran dan arah. Ditambahkan oleh Popov (1987), gaya – gaya dalam ini merupakan vektor dalam alam dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya-gaya luar terpakai. Dalam mekanika bahan kita perlu menentukan intensitas dari gaya-gaya ini dalam berbagai bagian dari potongan, sebagai perlawanan terhadap deformasi sedang kemampuan bahan untuk menahan gaya tersebut tergantung pada intensitas ini. Pada umumnya, intensitas gaya yang bekerja pada luas yang kecil tak berhingga suatu potongan berubah-ubah dari satu titik ke titik yang lain, umumnya intensitas ini berarahmiring pada bidang potongan. Intensitas gaya yang tegak lurus atau normal terhadap irisan disebut tegangan normal (*normal stress*) pada suatu titik. [2]

### 2.3. Material

Suatu material yang kaku tentunya memiliki fleksibilitas meskipun material tersebut terbuat dari baja. Material baja meskipun dibebani dengan beban yang besar tentunya akan memiliki nilai elastisitas walaupun kecil sehingga dapat merubah bentuknya secara perlahan. Kekakuan suatu material sangat penting dalam perancangan suatu komponen konstruksi, sebab kekakuan tersebut nantinya akan menimbulkan masalah akibat pembebanan yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut tiap material suatu komponen konstruksi memiliki nilai Modulus Young yang besarnya berbeda untuk tiap – tiap materialnya. [2]

### 2.4. Faktor Keamanan

Faktor keamanan adalah faktor yang menunjukkan tingkat kemampuan suatu bahan teknik menerima beban dari luar, yaitu beban tekan maupun tarik. Gaya yang diperlukan agar terjadi tingkat optimal bahan di dalam menahan beban dari luar sampai akhirnya menjadi pecah disebut dengan beban *ultimat* (*ultimate load*). Dengan membagi beban *ultimate* ini dengan luas penampang, kita akan memperoleh kekuatan *ultimate* (*ultimate strength*) atau tegangan *ultimate* (*ultimate stress*) dari suatu bahan. [4]

### 2.5. Regangan

Perpanjangan per satuan luas disebut regangan (*strain*). Ia adalah besaran yang tidak berdimensi, tetapi lebih baik kita memberinya memiliki dimensi meter per meter atau m/m. Kadang-kadang regangan diberikan dalam bentuk prosen. Besaran regangan  $\epsilon$  sangat kecil, kecuali untuk beberapa bahan seperti karet. Bila regangan tersebut diketahui, maka deformasi total dari pembebanan aksial adalah  $\epsilon L$ . Hubungan ini

berlaku untuk setiap panjang ukur sampai beberapa deformasi lokal mengambil bagian pada skala yang cukup besar. [5]

## 2.6. Tongkang

Tongkang digunakan untuk mengangkat barang curah kering ataupun curah cair ataupun belakangan ini juga digunakan untuk mengangkat petikemas dalam kaitannya dengan short sea shipping. Barang curah kering berupa batubara merupakan komoditi yang paling banyak diangkut pada sungai-sungai besar di Kalimantan dan Sungai Musi di Sumatera Selatan. Untuk barang yang diangkut melalui sungai yang waktu bongkar muatnya cepat dan berlayar pada kecepatan rendah maka akan lebih menguntungkan untuk menggunakan tongkang bermesin. Pertimbangan untuk menggunakan mesin pada tongkang adalah keekonomian, pada tongkang yang bongkar muatnya cepat akan lebih menguntungkan menggunakan tongkang bermesin sedang bila bongkar muatnya membutuhkan waktu yang lama maka akan lebih menguntungkan menggunakan tongkang biasanya. [6]

## 2.7. Bollard Pull Test

Bollard Pull Test merupakan istilah buat pengujian kapal tunda. Daya dorong pada tenaga maksimum dengan kapal yang terikat pada dok tersebut static thrust atau bollard pull. Ada beberapa faktor yang sebenarnya turut mempengaruhi besar bollard pull diantaranya jenis propeller, kort nozzle, bentuk lambung kapal dibawah permukaan air, sarat kapal dan trim. Perhitungan bollard pull sebenarnya tidak dapat dilakukan secara akurat dengan menggunakan rumus pendekatan. Karena untuk mendapatkan nilai bollard pull yang akurat pada setiap kapal tugboat harus dilakukan dengan uji bollard pull. [7]



Gambar 1. Bollard Pull [7]

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

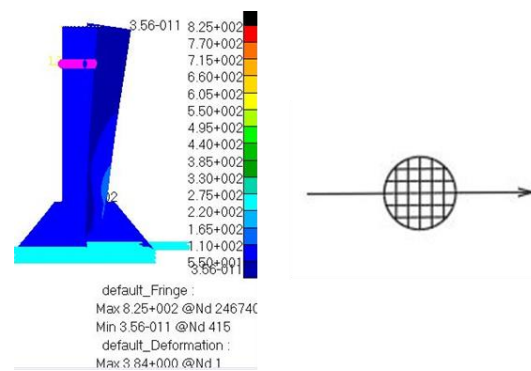
### 3.1. Flow Chart Metodologi Penelitian

Penyusunan penelitian Tugas Akhir ini didasarkan pada sistematika metodologi yang diuraikan berdasarkan urutan diagram alir atau *flow chart* yang dilakukan mulai penelitian hingga selesainya penelitian. Penelitian ini dimulai dengan tahap pengumpulan data – data penunjang untuk penelitian Tugas Akhir yang kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dan dilanjutkan ke tahap analisa yaitu didapatkan *output* yang sesuai dengan tujuan awal penelitian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Analisa Bollard 2 Bracket.

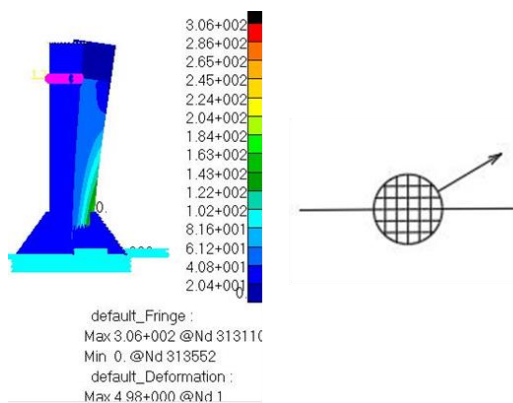
#### 4.1.1. Running Arah 0 Derajat.



Gambar 2. Hasil Analisa Bollard 2 Bracket arah 0 Derajat

Hasil analisa pada bollard 2 bracket arah 0 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $8,25 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 3,84 mm.

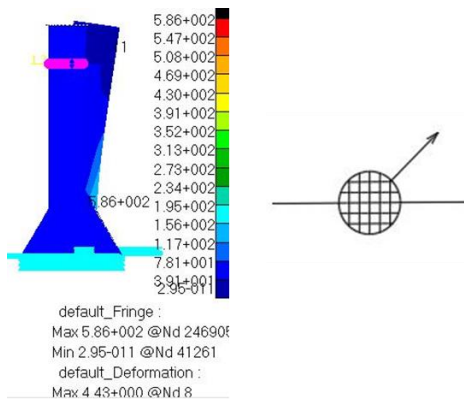
#### 4.1.2. Running Arah 30 Derajat



Gambar 3. Hasil Analisa Bollard 2 Bracket arah 30 Derajat

Hasil analisa pada bollard 2 bracket arah 30 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,06 \times 10^2 \text{ mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,98 mm.

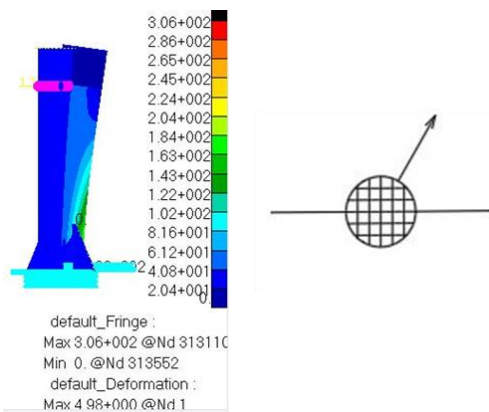
### 4.1.3. Running Arah 45 Derajat



Gambar 4. Hasil Analisa Bollard 2 Bracket arah 45 Derajat

Hasil analisa pada bollard 2 bracket arah 45 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $5,86 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,43 mm.

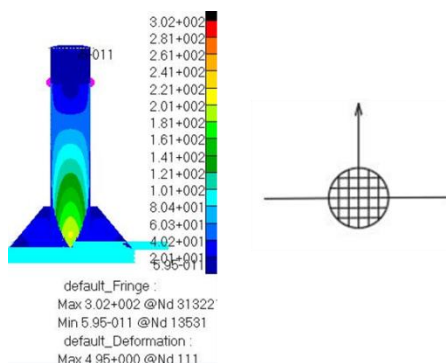
### 4.1.4. Running Arah 60 Derajat



Gambar 5. Hasil Analisa Bollard 2 Bracket arah 60 Derajat

Hasil analisa pada bollard 2 bracket arah 60 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,06 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,98 mm.

### 4.1.5. Running Arah 90 Derajat

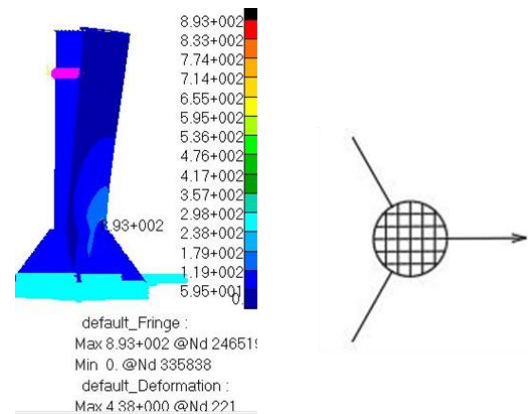


Gambar 6. Hasil Analisa Bollard 2 Bracket arah 90 Derajat

Hasil analisa pada bollard 2 bracket arah 90 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,02 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,95 mm.

## 4.2 Hasil Analisa Bollard 3 Bracket

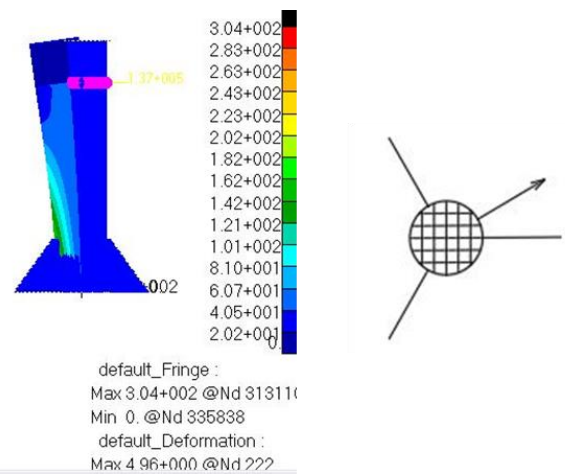
### 4.2.1. Running Arah 0 Derajat



Gambar 7. Hasil Analisa Bollard 3 Bracket arah 0 Derajat

Hasil analisa pada bollard 3 bracket arah 0 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $8,93 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,38 mm.

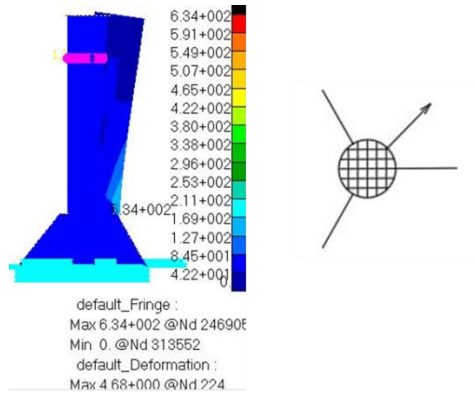
### 4.2.2. Running Arah 30 Derajat



Gambar 8. Hasil Analisa Bollard 3 Bracket arah 30 Derajat

Hasil analisa pada bollard 3 bracket arah 30 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,04 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,96 mm.

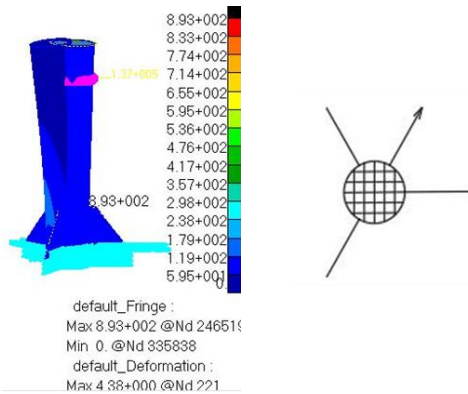
### 4.2.3. Running Arah 45 Derajat



Gambar 9. Hasil Analisa Bollard 3 Bracket arah 45 Derajat

Hasil analisa pada bollard 3 bracket arah 45 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $6,34 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,68 mm.

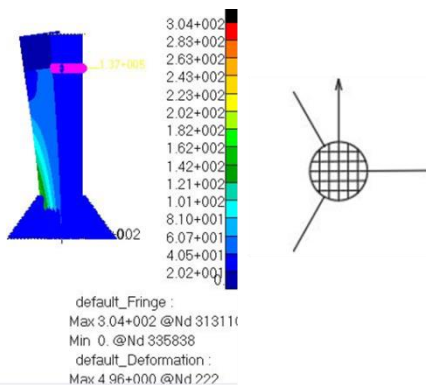
### 4.2.4. Running Arah 60 Derajat



Gambar 10. Hasil Analisa Bollard 3 Bracket arah 60 Derajat

Hasil analisa pada bollard 3 bracket arah 60 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $8,93 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,38 mm.

### 4.2.5. Running Arah 90 Derajat

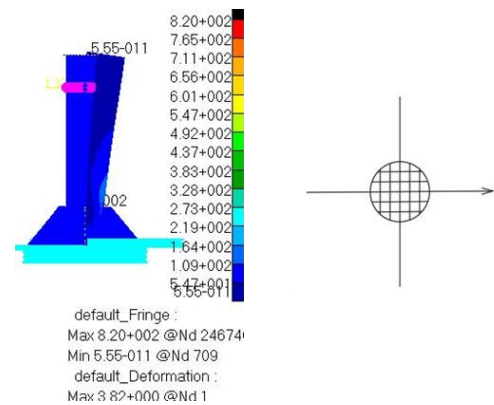


Gambar 11. Hasil Analisa Bollard 3 Bracket arah 90 Derajat

Hasil analisa pada bollard 3 bracket arah 90 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,04 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,96 mm.

## 4.3 Hasil Analisa Bollard 4 Bracket

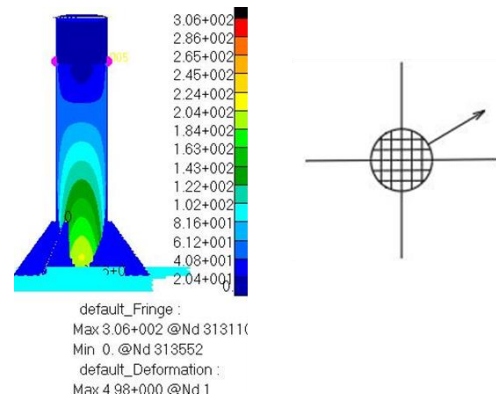
### 4.3.1. Running Arah 0 Derajat



Gambar 12. Hasil Analisa Bollard 4 Bracket arah 0 Derajat

Hasil analisa pada bollard 4 bracket arah 0 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $8,20 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 3,82 mm.

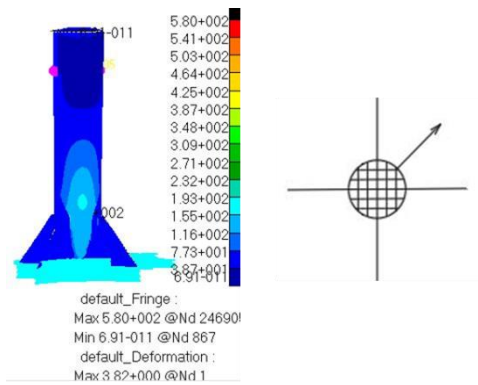
### 4.3.2. Runni ng Arah 30 Derajat



Gambar 13. Hasil Analisa Bollard 4 Bracket arah 30 Derajat

Hasil analisa pada bollard 4 bracket arah 30 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,06 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,98 mm.

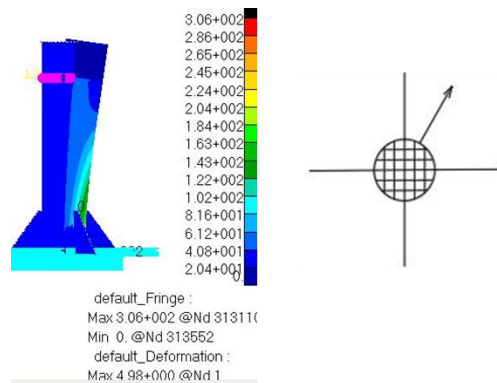
### 4.3.3. Running Arah 45 Derajat



Gambar 14. Hasil Analisa Bollard 4 Bracket arah 45 Derajat

Hasil analisa pada bollard 4 bracket arah 45 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $5,8 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 3,82 mm.

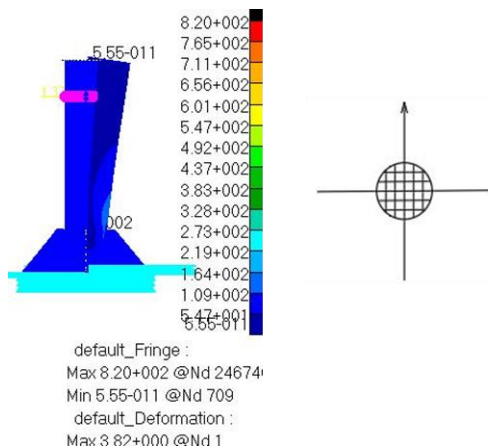
### 4.3.4. Running Arah 60 Derajat



Gambar 15. Hasil Analisa Bollard 4 Bracket arah 60 Derajat

Hasil analisa pada bollard 4 bracket arah 60 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $3,06 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,98 mm.

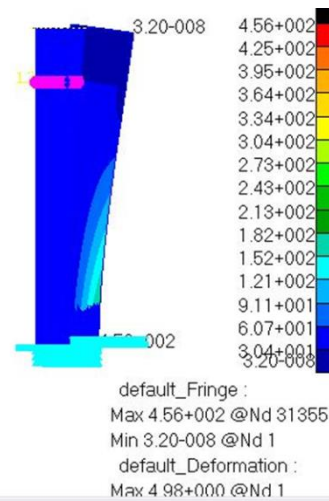
### 4.3.5. Running Arah 90 Derajat



Gambar 16. Hasil Analisa Bollard 4 Bracket arah 90 Derajat

Hasil analisa pada bollard 4 bracket arah 90 derajat didapat tegangan maksimum sebesar  $8,20 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 3,82 mm

## 4.4 Hasil Analisa Bollard Tanpa Bracket

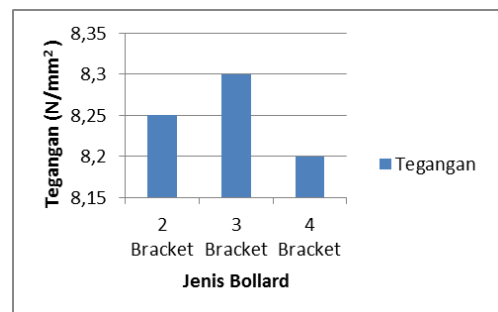


Gambar 17. Hasil Analisa Bollard Tanpa Bracket

Hasil analisa pada bollard tanpa bracket didapat tegangan maksimum sebesar  $4,56 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$  dan deformasi sebesar 4,98 mm.

## 4.5 Kesimpulan Hasil Analisa Bracket Arah Sudut

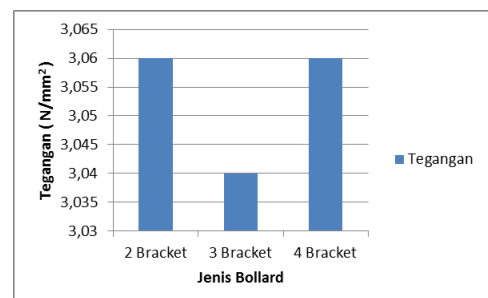
### 4.5.1. Running Arah 0 Derajat



Grafik 1. Hasil Analisa Bollard 0 Derajat

Hasil analisa disimpulkan arah 0 derajat bollard 3 bracket nilai tegangan lebih besar.

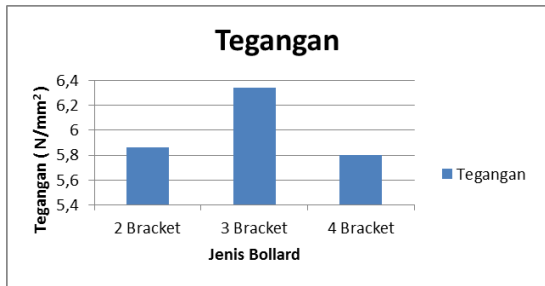
### 4.5.2. Running Arah 30 Derajat



Grafik 2. Hasil Analisa Bollard 30 Derajat

Hasil analisa disimpulkan arah 30 derajat nilai tegangan lebih besar daripada yang lain.

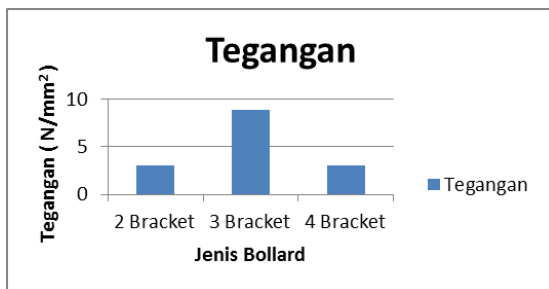
#### 4.5.3. Running Arah 45 Derajat



Grafik 3. Hasil Analisa Bollard 45 Derajat

Hasil analisa bisa disimpulkan dengan arah 45 derajat bollard dengan 3 bracket nilai tegangan lebih besar.

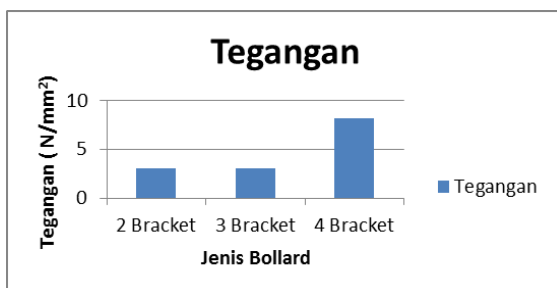
#### 4.5.4. Running Arah 60 Derajat



Grafik 4. Hasil Analisa Bollard 60 Derajat

Hasil analisa bisa disimpulkan dengan arah 60 derajat bollard dengan 3 bracket nilai tegangan lebih tinggi daripada yang lain.

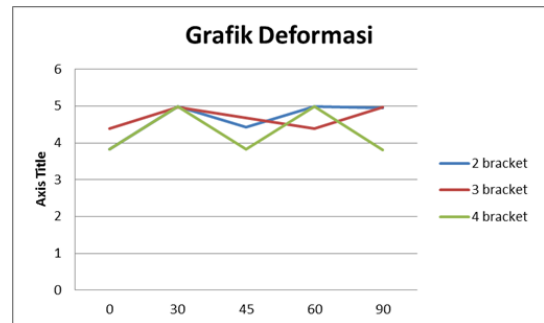
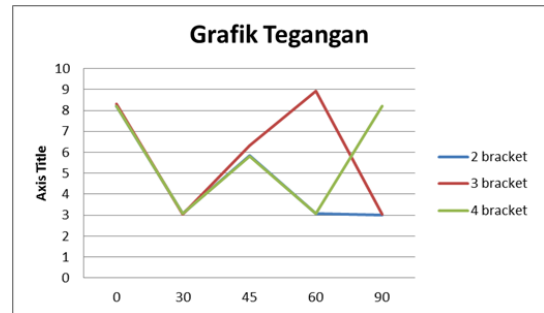
#### 4.5.5. Running Arah 90 Derajat



Grafik 5. Hasil Analisa Bollard 90 Derajat

Hasil analisa bisa disimpulkan dengan arah 90 derajat bollard dengan 4 bracket nilai tegangan lebih tinggi daripada yang lain.

#### 4.5.6. Grafik Running Arah 0 – 90 Derajat

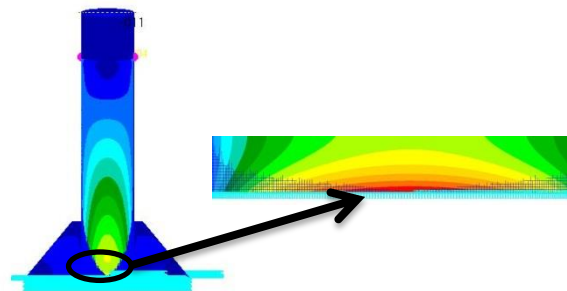


Grafik 6. Hasil Analisa Bollard arah 0 - 90 Derajat

#### 4.6 Hasil Analisa Bollard dengan Beban Maksimal

##### 4.6.1. Bollard 2 Bracket

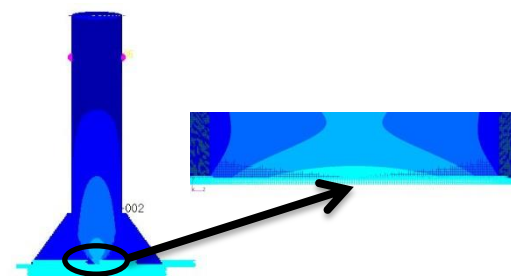
Beban maksimal pada bollard 2 bracket sebesar 11700 ton.



Gambar 18. Hasil Analisa beban maksimal Bollard 2 Bracket

##### 4.6.2. Bollard 3 Bracket

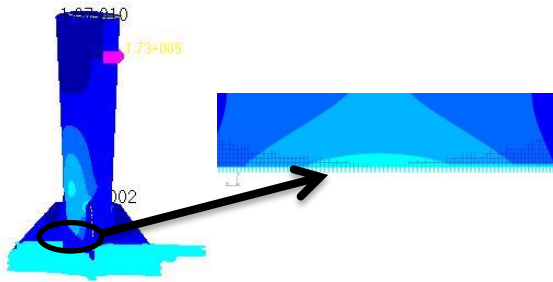
Beban maksimal pada bollard 3 bracket sebesar 14800 ton.



Gambar 19. Hasil Analisa beban maksimal Bollard 3 Bracket

### 4.6.3. Bollard 4 Bracket

Beban maksimal pada bollard 4 bracket sebesar 22850 ton.



Gambar 20. Hasil Analisa beban maksimal Bollard 4 Bracket

### 4.7 Validasi Model

Untuk dapat dikatakan mendekati benar, maka persentase validitasnya harus dibawah 10% agar nilai tersebut dapat dikatakan valid.

$$I = \pi r^3 t$$

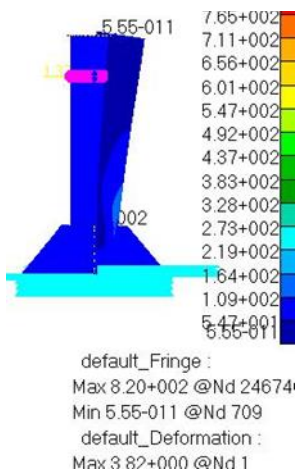
$$= 3,14 \times 140^3 \times 12$$

$$= 103393920 \text{ Kg/mm}^2$$

$$V_{\max} = \frac{P.L^3}{3.E.I}$$

$$= \frac{136800 \times 1180^3}{3 \times 206.000 \times 103393920}$$

$$= 3,51 \text{ mm}$$



Gambar 21. Validasi

Tabel. 1 Hasil validasi

Manual	Software	Hasil
3,51 mm	3,82 mm	92,08 %

### 4.8. Pembebanan pada Bollard

Pembebanan yang dialami bollard yaitu beban tarik oleh kapal Tugboat.

$$F = m \times a$$

$$= 114 \text{ Ton} \times 1,2 \text{ m/s}^2$$

$$= 136,8 \text{ KN} = 136800 \text{ N}$$

### 4.9 Safety Factor

#### 4.9.1. Menurut Rules BKI

Tabel 2. Perhitungan Safety Factor Rules BKI

Kondisi	$\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{\text{ijin}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FS	ket
2 Bracket	8,2	195,05	23,787	Pass
3 Bracket	8,93	195,05	21,842	Pass
4 Bracket	8,2	195,05	23,787	Pass

#### 4.9.2. Menurut Kriteria Bahan

Tabel 3. Perhitungan Safety Factor Kriteria Bahan

Kondisi	$\sigma_{\max}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{\text{ijin}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FS	ket
2 Bracket	8,2	235	28,659	Pass
3 Bracket	8,93	235	26,316	Pass
4 Bracket	8,2	235	28,659	Pass

Untuk Bollard 2 Bracket hanya mampu menahan beban sebesar 11700 ton. Untuk Bollard 3 Bracket hanya mampu menahan beban sebesar 14800 ton. Untuk Bollard 4 Bracket hanya mampu menahan beban sebesar 22850 ton.

### 5. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Hasil analisa model bollard yang dilakukan ketika ditarik dengan arah 0 derajat nilai tegangan maksimum dengan variasi 2 bracket sebesar 82,3 N/mm, 3 bracket sebesar 89 N/mm, 8,25 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar 8,3 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket sebesar 8,2 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>. Diarah 30 derajat dengan variasi 2 bracket sebesar 3,06 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar 3,04 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket 3,06 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>. Diarah 45 derajat sebesar dengan variasi 2 bracket sebesar 5,86 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar 6,34 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket sebesar 5,8 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>. Diarah 60 derajat dengan variasi 2 bracket sebesar 3,06 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar 8,93 x 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup>, dan 4 bracket



sebesar  $3,06 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>. Diarah 90 derajat dengan variasi 2 bracket sebesar  $3,02 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>, 3 bracket sebesar  $3,04 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup> dan 4 bracket sebesar  $8,2 \times 10^2$  N/mm<sup>2</sup>.

2. Hasil ketiga model didapatkan dengan 4 bracket memiliki kekuatan yang besar.
3. Untuk Bollard 2 Bracket hanya mampu menahan beban sebesar 11700 ton, Bollard 3 Bracket hanya mampu menahan beban sebesar 14800 ton, dan untuk Bollard 4 Bracket hanya mampu menahan beban sebesar 22850 ton.

## 5.1 Saran

1. Menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi akan membantu memperlancar serta bisa menghemat waktu, ketika pengerjaan dan *running*.
2. Perlu dilakukan kajian analisa lebih mendalam dari struktur ketiga model tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alam, M.S. 2005. *Finite element Modeling of Fatigue Crack Growth in Curved-Welded Joints Using Interface Elements*. University of Illinois. Illinois
- [2] Jatmiko, S., Tunjung, W.H. 2011. Analisa Kekuatan Pondasi Z – Peller Karena Adanya Perubahan Konstruksi Pada Kapal *Tug Boat* Anoman V Dengan Metode Elemen Hingga. Fakultas Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro. Semarang. 3(8):126-133
- [3] Kumar, Y.V.S., M. Mukhopadhyay. 2000. *Finite Element Analysis Of Ship Structures Using A New Stiffened Plate Element*. [Applied Ocean Research ]. Department of Ocean Engineering and Naval Architecture, Indian Institute of Technology. Kharagpur, India. 22:361-374
- [4] Mulyatno, I.P., Berlian A.A., Muhammad, A. 2012. Analisa Kekuatan Konstruksi *Bracket Towing Hook* Pada Tb. Bontang Dengan Metode Elemen Hingga Dan Rules BKI. Program Studi S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Semarang. 1(9):1-5
- [5] Popov, E.P. 1978. *Mechanics of Material, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Jersey. USA.*
- [6] S, A. W. B., Trimulyono, A., & Ubaidilah, M. F. (2012). Perancangan Kapal Tongkang Sebagai Penyebrangan Masyarakat di Sungai Bengawan Solo, Desa Jimbung Kabupaten

Blora – Desa Kiringan Kabupaten Bojonegoro, 9(1).

- [7] Zahalka, C. P. (2007). *Bollard Pull. Association of Hanseatic Marine Underwriters*. 1–10.