

# ANALISA KEKUATAN KONSTRUKSI TANK TOP AKIBAT PERPINDAHAN POSISI DARI GENERATOR SET PADA KAPAL ACCOMODATION WORK BARGE ( AWB ) 5640 DWT DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Achmad Nurochman<sup>1</sup>, Imam Pujo Mulyatno<sup>1</sup>, Hartono Yudo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : [achmad.nurochman@yahoo.co.id](mailto:achmad.nurochman@yahoo.co.id)

## Abstrak

*Accommodation Work Barge* atau disingkat AWB adalah kapal tongkang kerja yang tidak memiliki alat penggerak sendiri. Untuk memenuhi semua kebutuhan kelistrikan di dalam kapal menggunakan Generator Set sebagai sumber daya utamanya. Pada kapal AWB 5640 DWT telah dilakukan perubahan posisi atau tata letak dari Generator Set yang ada. Karena perpindahan posisi dari Generator Set ini, maka akan menimbulkan beban yang berbeda pada konstruksi Pondasi dan *Tank Top* kapal tersebut. Dalam kasus ini, maka diperlukan analisa kekuatan untuk menjamin bahwa pondasi dari Generator Set dan konstruksi Tank Top dibawahnya mencukupi persyaratan yang diijinkan. Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga linear statis dengan jenis analisa *structural*. Hasil analisa berupa tegangan *von Mises* pada beberapa kondisi pembebanan, yaitu kondisi normal, kondisi *sagging*, dan kondisi *hogging*. Untuk membantu penulis dalam menganalisa kekuatan, penulis menggunakan alat bantu *software* berbasis metode elemen hingga dengan membuat dua model yaitu model konstruksi lama dan konstruksi baru pada program MSC Patran dan dianalisa pada program MSC Nastran. Tegangan *von Mises* terbesar yang terjadi pada konstruksi lama adalah sebesar 104 MPa pada kondisi *Sagging 1* dan *Sagging 2* dengan deformasi maksimal 3,09 mm. Sedangkan pada konstruksi baru nilai tegangan maksimalnya adalah 104 MPa pada kondisi *Sagging 1* dan *Sagging 2* dan deformasi maksimalnya 3,96 mm. Dari analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kedua konstruksi sama – sama bagus karena nilai tegangan maksimal dari hasil analisa masih dibawah tegangan ijin BKI sebesar 190 MPa.

**Kata Kunci** : Analisis kekuatan, *Accommodation Work Barge*, Linear Statis

## Abstract

*Accommodation Work Barge or AWB is the vessels barges that does not have its own propulsion. To fulfil all the needs of electricity in the ship is using a Generator Set as its main power source. AWB 5640 DWT ships has made changes in the position or layout of the existing Generator Set. Due to the changes position of Generator Set, it will cause a different load on the foundation and Tank Top construction of the ships. In this case, it is needed to make strength analysis to ensure that the foundation of Generator set and Tank Top construction in the below is requirements the allowable stress. The analysis using finite element method with linear static and structural analysis types. The results of analysis form as von Mises stress in some loading conditions, there is normal condition, sagging condition, and hogging condition. For helping the writer in strength analysis, the writer use software based on the finite element method to make two model on the MSC Patran program there is old construction and new construction and do the analysis on MSC Nastran program. The maximum von Mises stress in old construction is 104 MPa in Sagging condition 1 and 2, and the maximal deformation is 3,09 mm. While in the new construction the maximum stress value is 104 MPa in Sagging condition 1 and 2 and the maximal deformation is 3,96 mm. From the analysis it can be concluded of both construction is equally good because the maximum stress from the analysis is still below the allowable stress of BKI 190 MPa.*

**Keyword** : Strength Analysis, *Accommodation Work Barge*, linear static

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

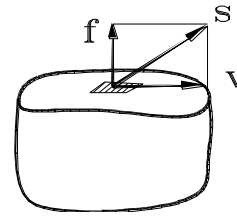
Pada kapal *Accommodation Work Barge* (AWB) 5640 DWT telah dilakukan perubahan posisi atau tata letak dari Generator Set yang ada. Perubahan tersebut dilakukan oleh *Owner* kapal dengan tujuan untuk memperluas space di dalam Gen – Set Room karena ada penambahan instalasi permesinan di dalam Gen – Set Room tersebut. Selain itu juga mengacu pada aspek kekuatan konstruksi kapal dan untuk menjaga supaya Generator Set tersebut berada pada konstruksi yang kuat dalam menerima beban dan menghindari elastic deformation yang berlebihan, maka dilakukan perubahan tata letak dari Generator Set yang ada pada kapal *Accommodation Work Barge* (AWB) 5640 DWT. Karena pada awalnya letak Generator Set yang ditengah (No. 02) jika dilihat pada gambar General Arrangement letaknya tidak segaris atau tidak ditempatkan di atas Center Girder dari Tank Top kapal tersebut sehingga dilakukan perubahan letak dari Generator Set tersebut supaya berada pada konstruksi yang kuat. Dan dua buah Generator Set yang lainnya (No. 01 dan No. 03) juga ditempatkan disebelah kanan dan kiri dari Generator Set yang berada di atas center girder dari tank top supaya letak dan bebannya seimbang.

Karena perpindahan posisi dari Generator Set ini, maka akan menimbulkan beban yang berbeda pada konstruksi Tank Top kapal tersebut. Maka dalam kasus ini diperlukan adanya analisa kekuatan konstruksi Tank Top kapal *Accommodation Work Barge* (AWB) 5640 DWT di Gen – Set Room untuk mengetahui seberapa kuat konstruksinya dalam menerima beban yang diakibatkan oleh tiga buah Generator Set yang ada.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Elastisitas

Teori Elastisitas merupakan cabang dari fisika matematis yang mengkaji hubungan gaya, perpindahan, tegangan, regangan, dan beda elastis. Bila suatu pejal di bebani gaya dari luar, benda tersebut akan berubah bentuk / berdeformasi, sehingga timbul tegangan dan regangan dalam. Perubahan bentuk ini tergantung pada konfigurasi geometris benda tersebut dan mekanis bahannya. Teori Elastisitas menganggap bahan bersifat *homogen* dan *Isotropik*, dengan demikian sifat mekanis bahan sama dalam segala arah. [14]



Gambar 1. Respon Suatu Benda Elastis Terhadap Gaya Dari Luar

### 2.2 *Accommodation Work Barge*

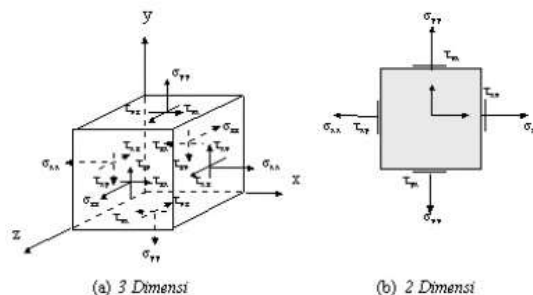
*Accommodation Work Barge* atau disingkat AWB merupakan jenis kapal tongkang kerja yang tidak memiliki alat penggerak sendiri yang pada prinsipnya dipakai sebagai tempat akomodasi bagi karyawan perusahaan yang bergerak dibidang pengeboran minyak lepas pantai maupun perusahaan lainnya yang bergerak dibidang kemaritiman. Kapal AWB ini dibuat agar dapat menampung lebih dari 36 orang termasuk ABK. Kapal AWB ini dapat melayani akomodasi bagi karyawan perusahaan saat kapal telah ditambatkan, oleh karena itu kapal ini cenderung diam dan baru dapat dipindahkan dengan bantuan Tugboat. [1]

### 2.3 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. Gaya – gaya dalam ini merupakan vektor dalam alam dan bertahan dalam keseimbangan terhadap gaya-gaya luar terpakai.

Suatu tegangan tertentu yang dianggap benar-benar bertitik tangkap pada sebuah titik, secara matematis didefinisikan sebagai [13]

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\Delta A} \quad (2-1)$$



Gambar 2. Tegangan

## 2.4 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  $\varepsilon$  sangat kecil, kecuali untuk beberapa bahan seperti karet. Bila regangan tersebut diketahui, maka deformasi total dari pembebanan aksial adalah  $\varepsilon L$ . Hubungan ini berlaku untuk setiap panjang ukur sampai beberapa deformasi lokal mengambil bagian pada skala yang cukup besar. [13]

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{L} \quad (2-2)$$

Dimana :

$\varepsilon$  = Regangan

$\Delta$  = Panjang total

$L$  = Panjang awal

## 2.5 Hubungan Tegangan dan Regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan boleh dikatakan berbentuk linier untuk semua bahan. Hal ini menuju kepada idealisasi dan penyamarataan yang berlaku untuk semua bahan, yang dikenal dengan hukum *Hooke*. Hukum *Hooke* dinyatakan dengan persamaan.

$$\sigma = E \varepsilon \quad \text{atau} \quad E = \sigma / \varepsilon \quad (2-3)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, dimana tetapan pembanding adalah  $E$ . Tetapan  $E$  ini disebut dengan *modulus elastisitas* atau *modulus Young*. Nilai Modulus elastis merupakan suatu sifat yang pasti dari suatu bahan. Untuk kebanyakan baja,  $E$  berharga antara 200 dan 210 x 10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup> atau  $E = 210 \times 10^6$  kN/m<sup>2</sup>. [13]

## 2.6 Faktor Keamanan / Safety Factor

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. Untuk desain bagian – bagian struktur tingkat tegangan disebut

tegangan ijin (*allowable stress*) dibuat benar – benar lebih rendah dari pada kekuatan *ultimate* yang diperoleh dari pengujian “statis”. Hal ini penting untuk berbagai pertimbangan. Besar gaya yang dapat bekerja pada bangunan yang dirancang jarang diketahui secara pasti. Karena tegangan dikalikan luas sama dengan gaya, maka tegangan ijin dari *ultimate* dapat diubah dalam bentuk gaya atau beban yang diijinkan dan *ultimate* yang dapat ditahan oleh sebuah batang. Suatu perbandingan (*ratio*) yang penting dapat ditulis :

$$FS = \frac{\sigma_{ultimate}}{\sigma_{ijin}} \quad (2-4)$$

Perbandingan ini disebut *faktor keamanan* (*factor of safety*) dan harus lebih besar dari satu. [13]

## 2.7 Defleksi Balok

Sumbu sebuah balok akan berdefleksi (atau melentur) dari kedudukannya semula bila berada di bawah pengaruh gaya terpakai. Harga – harga defleksi balok yang akurat diselidiki dalam banyak kasus praktis.

Hubungan – hubungan diferensial antara beban terpakai, gaya geser dan momen dapat digabungkan dengan persamaan 2-5 untuk menghasilkan sederetan persamaan yang bermanfaat.

$v$  = defleksi kurva elastis

$$\theta = \frac{\delta v}{\delta x} = v' = \text{kemiringan kurva elastis}$$

$$M = EI \frac{dy}{dx} = EI v'' \quad (2-5)$$

$$V = \frac{dM}{dx} = \frac{d}{dx} \left( EI \frac{d^2 v}{x^2} \right) = (EI v''')$$

$$q = \frac{dV}{dx} = \frac{d^2}{dx^2} \left( EI \frac{d^2 v}{x^2} \right) = (EI v'''' )$$

Untuk balok dengan kekuatan lentur  $EI$  yang konstan, persamaan 2-5 disederhanakan menjadi tiga persamaan alternatif lain untuk menentukan defleksi dari balok yang dibebani:

$$EI \frac{d^2 v}{dx^2} = M(x) \quad (2-6)$$

$$EI \frac{d^3 v}{dx^3} = V(x) \quad (2-7)$$

$$EI \frac{d^4v}{dx^4} = q(x) \quad (2-8)$$

Pemilihan persamaan untuk kasus tertentu tergantung kepada kemudahan memilih suatu pernyataan mengenai beban, geser, atau momen yang dapat dirumuskan. Beberapa tetapan integrasi diperlukan untuk persamaan – persamaan berderajat lebih rendah. [13]

## 2.7 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (*finite element method*) biasa dipandang sebagai perluasan dari metode perpindahan ke masalah continuum berdimensi dua dan tiga seperti plat, struktur selaput (*shell*) dan benda pejal. Dalam metode ini, kontinum sebenarnya diganti dengan sebuah struktur ideal ekuivalen yang terdiri dari elemen-elemen unik (*discrete element*). Elemen ini disebut elemen berhingga dan dihubungkan bersama-sama di sejumlah titik simpul. [5]

Penyelesaian dari metode elemen hingga umumnya menggunakan metode matriks. Notasi matriks, matriks gaya dinyatakan dalam  $\{F\} = \underline{F}$  dan matriks *displacement* dalam  $\{d\} = \underline{d}$ .

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \\ F_{1z} \\ F_{2x} \\ F_{2y} \\ \cdot \\ \cdot \\ F_{nx} \\ F_{ny} \\ F_{nz} \end{Bmatrix}; \{d\} = \begin{Bmatrix} d_{1x} \\ d_{1y} \\ d_{1z} \\ d_{2x} \\ d_{2y} \\ \cdot \\ \cdot \\ d_{nx} \\ d_{ny} \\ d_{nz} \end{Bmatrix} \quad (2-9)$$

Matriks kekakuan elemen dinyatakan dalam  $[k]$  dan amtriks kekakuan global sistem struktur dinyatakan dalam  $[K]$ .

$$[k] = k = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} \quad (2-10)$$

$$[K] = K = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & K_{nn} \end{bmatrix} \quad (2-11)$$

Persamaan dari kesetimbangan sistem struktur dinyatakan dalam:

$$\underline{F} = \underline{K} \underline{d} \quad (2-12)$$

Persamaan elemen yang dihasilkan secara umum adalah sebagai berikut:

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ \dots \\ f_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} & \dots & k_{2n} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} & \dots & k_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n1} & k_{n2} & k_{n3} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \dots \\ d_n \end{Bmatrix}$$

$$\text{Atau } \{f\} = [k] \{d\} \quad (2-13)$$

Dimana:

$\{f\}$  = matriks gaya

$[k]$  = matriks kekakuan

$\{d\}$  = matriks deformasi [6]

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Studi Lapangan

Pengambilan data kapal baik ukuran maupun gambar rencana umum, *Profile Construction, layout* kontruksi *Tank Top* kapal *Accommodation Work Barge 5640 DWT* dilakukan di PT. Marcopo Shipyard, Batam. Adapun data – data tersebut adalah:

1. Data ukuran utama kapal.
  - Lpp : 90,00 meter
  - Loa : 90,00 meter
  - Breadth : 30,00 meter
  - Draft : 4,00 meter
  - Depth : 6,10 meter
2. Data gambar – gambar desain konstruksi.
3. *Marine Generator Set Specification*:
  - Type : Caterpillar D399
  - Engine Weight : 8,009 ton
  - Generator Weight : 3,565 ton
  - Length : 4,720 m
  - Output 1 : 850 kW
  - Output 2 : 700 Kw
  - Rpm 1 : 1200 rpm
  - Rpm 2 : 1000 rpm

### 3.2 Studi Literatur

Studi Literatur adalah mempelajari dasar – dasar materi sebagai pedoman pengerjaan tugas akhir. Referensi – referensi tersebut antara lain:

1. Teori Metode Elemen Hingga

Teori Metode Elemen Hingga dipelajari untuk mengetahui dasar – dasar dari perhitungan

analisa struktur yang mendukung dalam proses pengerjaan penelitian

## 2. Teori Pelat

Dalam buku Teori Pelat dapat dipelajari tentang *material properties* dari Baja dan sifat – sifat material yang *isotropic, ortotropic*, homogen, dan heterogen

## 3. BKI Volume II Tahun 2014

BKI Volume II Tahun 2014 digunakan dalam menentukan tegangan – tegangan dan pembebanan yang ada pada konstruksi kapal serta untuk menghitung tegangan ijin

## 4. Teori Mekanika Teknik

Buku Mekanika Teknik merupakan referensi utama yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Dalam buku Mekanika Teknik dipelajari tentang dasar – dasar dari tegangan, regangan, hubungan tegangan dan regangan, elastisitas, dan *safety factor*

### 3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Setelah semua data yang di butuhkan telah didapat, kemudian data - data tersebut dikumpulkan dan diolah agar mempermudah dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

### 3.4 Pembuatan Desain Model

Dari data observasi lapangan yang telah dilakukan, kemudian dilakukan pembuatan model dengan menggunakan program *FEM Software*. Kriteria pembuatan model dilakukan dengan prosedur antara lain :

- a) Membuat geometri dari objek yang akan dianalisa. Proses ini biasa dilakukan dengan program komputasi *FEM Software*
- b) Membuat model elemen hingga. Pembuatan model elemen hingga adalah pembuatan jaringan-jaringan elemen yang saling terhubung oleh nodal
- c) Pengecekan model dengan *check model* dimaksudkan untuk menjamin bahwa elemen sudah terkoneksi secara benar, yakni :

1. Pendefinisian material

2. Pendefinisian jenis elemen

3. Pemberian tumpuan atau beban

- d) Setelah pembuatan model selesai, tahap selanjutnya desain dari model yang telah dibuat

akan masuk ke tahapan selanjutnya yaitu analisa model.

### 3.5 Analisa Model

Setelah pembuatan model yang akan dianalisa selesai, tahap selanjutnya adalah analisa model dengan *software Msc Nastran*. Dalam *software Msc Nastran* akan dilakukan analisa lebih lanjut sesuai dengan tujuan dari penelitian Tugas Akhir penulis.

### 3.6 Penyajian Data Perhitungan

Semua hasil pengolahan data berupa gambar model, *display* hasil analisis, serta parameter-parameter yang diperlukan seperti tegangan maksimum, regangan, deformasi dapat diperoleh hasil dari proses tersebut, kemudian dilakukan pengelompokkan agar mudah dalam penyusunan laporan.

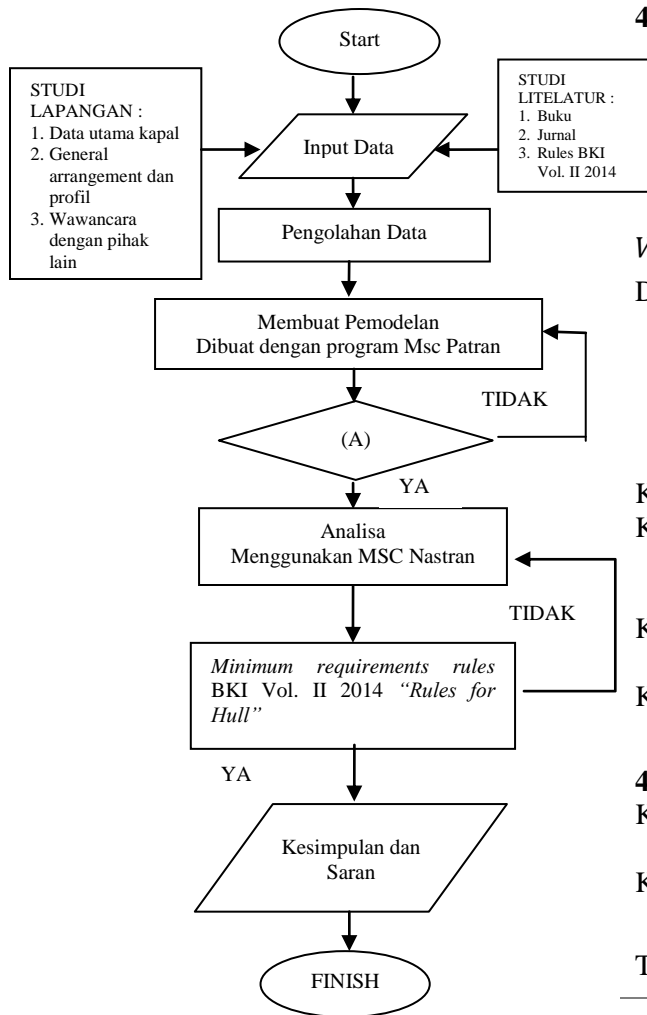
### 3.7 Validasi

Validasi adalah tahapan untuk menentukan apakah model yang telah dibuat telah sesuai atau belum. Proses validasi ini adalah dengan membandingkan perhitungan software dengan rumus empiris defleksi balok, dan kedua nilai tersebut nilainya harus mendekati.

### 3.8 Kesimpulan

Pada tahap ini diambil kesimpulan, kesimpulan diperoleh dari data yang telah diolah dan dianalisa sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan pada tugas akhir. Serta pemberian saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

### 3.8 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Keterangan: (A: Validasi Model)

Gambar 3. Flow Chart Alur Penelitian Tugas Akhir

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

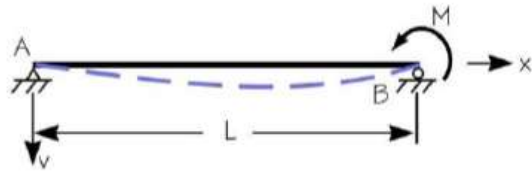
### 4.1 Penentuan Material Properties

Untuk jenis material yang digunakan dalam model ini adalah baja grade A. Dimana kriteria bahan baja tersebut adalah :

$$\begin{aligned} \text{Modulus Elasticity} &= 2.1 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \\ \text{Shear Modulus} &= 0,8 \times 10^{11} \text{ N/m}^2 \\ \text{Poisson's Ratio} &= 0.30000001 \\ \text{Density} &= 7.85 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

## 4.2 Validasi Model

### 4.2.1 Rumus Empiris



$$V_{max} = \frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI} \quad (2-14) \quad [3]$$

Dimana:

$$M = \text{Momen (N.m)} \\ = 500 \text{ N.m}$$

$$L = \text{Panjang Model (m)} \\ = 9 \text{ m}$$

$$I = \text{Inersia (m}^4\text{)}$$

$$\text{Konstruksi Lama} = 260200 \text{ m}^4$$

$$\text{Konstruksi Baru} = 137600 \text{ m}^4$$

$$E = \text{Modulus Elastisitas} \\ = 210000 \text{ MPa}$$

Konstruksi Lama:

$$V_{max} = 4,75 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Konstruksi Baru:

$$V_{max} = 8,99 \times 10^{-8} \text{ m}$$

### 4.2.2 Perhitungan Software

Konstruksi Lama:

$$V_{max} = 5,10 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Konstruksi Baru:

$$V_{max} = 8,85 \times 10^{-8} \text{ m}$$

Tabel 1. Perbandingan Validasi Model

Anilisis	Hasil Deformasi		Persentasi Validitas
	Software	Mekanika Teknik	
Model Lama	$5,10 \times 10^{-8} \text{ m}$	$4,75 \times 10^{-8} \text{ m}$	93,2%
Model Baru	$8,85 \times 10^{-8} \text{ m}$	$8,99 \times 10^{-8} \text{ m}$	98,4%

## 4.3 Pendefinisian Beban

### 4.3.1 Beban dari Generator Set

Beban Generator Set dihasilkan dari berat mesin dan berat generator yang didistribusikan dalam letak tumpuan pada pondasi yang berada diatas Tank Top dan dipengaruhi juga oleh torsi atau putaran mesin yang menimbulkan reaksi gaya arah vertikal (axial).

Perhitungan beban persatuan luas:

$$\text{Torsi mesin ( T )} = \frac{9540 \times Ps}{N} \quad (2-15)$$

$$\text{Torsi mesin 1000 rpm ( T 1 )} = 6,67 \text{ KNm}$$

$$\text{Torsi mesin 1200 rpm ( T 2 )} = 6,75 \text{ KNm}$$

Beban torsi mesin = Torsi mesin / Jarak pondasi  
 Beban Torsi Mesin 1 (T 1) = 6,67 Kn  
 Beban Torsi Mesin 2 (T 1) = 6,75 Kn

Beban persatuan luas (engine):  
 Pressure = ((W engine + W torsi)/6)/ L penumpu  
 Pressure 1 = 352,96 KN/m<sup>2</sup>  
 Pressure 2 = 353,30 KN/m<sup>2</sup>

Beban persatuan luas (generator):  
 Pressure = ((W engine + W torsi)/6)/ L penumpu  
 Pressure 1 = 517,26 KN/m<sup>2</sup>  
 Pressure 1 = 518,26 KN/m<sup>2</sup>

#### 4.3.2 Beban Kondisi *Sagging*

Dari tabel momen kondisi *Sagging* didapat  
 M max = 30458,71 ton.m atau = 30458717,49  
 kg.cm, Pada saat *sagging*, kondisi *bottom*  
 mengalami beban tarik sebesar :

$$\begin{aligned}\sigma &= M \text{ max } / W \text{ Bottom} \\ W \text{ Bottom} &= I_{na} / Y_{bott} \\ &= 1286917192,86 \text{ cm}^4 / 359,81 \text{ cm} \\ &= 3576666,5 \text{ cm}^3 \\ \sigma &= (3045870717,49 \text{ kg.cm}) / (3576666,5 \text{ cm}^3) \\ &= 851,5948 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 83,4563 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### 4.3.3 Beban Kondisi *Hogging*

Dari tabel momen kondisi *Hogging* didapat  
 M max = 65096,16 ton.m atau = 6509616122,97  
 kg.cm, Pada saat *hogging*, kondisi *bottom*  
 mengalami beban tekan sebesar :

$$\begin{aligned}\sigma &= M \text{ max } / W \text{ Bottom} \\ W \text{ Bottom} &= I_{na} / Y_{bott} \\ &= 1286917192,86 \text{ cm}^4 / 359,81 \text{ cm} \\ &= 3576666,5 \text{ cm}^3 \\ \sigma &= (6509616122,97 \text{ kg.cm}) / (3576666,5 \text{ cm}^3) \\ &= 1820,0233 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 178,3623 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### 4.4 Perhitungan Tegangan Ijin

Syarat faktor keamanan pada pengukuran ini nilainya harus lebih dari 1 atau tegangan maksimum lebih kecil dari tegangan ijin. Nilai tegangan ijin BKI dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_v = 190/k \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2-16)$$

$$\sigma_v = 190 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad [2]$$

#### 4.5 Output data

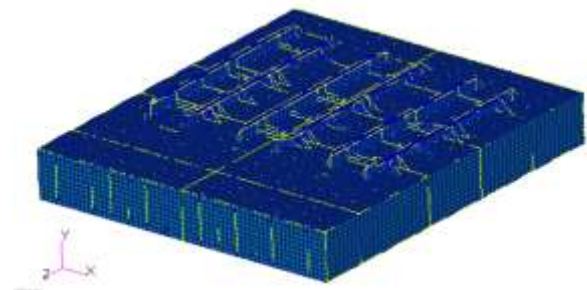
Dari hasil *post processing* program Msc Patran didapatkan data tegangan pada pondasi

mesin Generator Set dan konstruksi Tank Top / double bottom, sehingga letak titik kritis konstruksi Tank Top dan pondasi Generator Set dari hasil *post processing* akan diketahui apakah masih dalam batas aman untuk sebuah desain suatu system.

#### 4.6 Hasil Analisa dan Pembahasan

Hasil analisa yang dilakukan pada alat bantu software terhadap model pondasi Generator Set dan konstruksi *Tank top* yang dikenai beban dalam tiga kondisi, yaitu kondisi pembebanan statis dari Genartor Set, kondisi *hogging* dan kondisi *sagging* akan menunjukkan langkah – langkah dan menghasilkan data sebagai berikut :

1. Proses Pendefinisian Jenis Analisa  
*Analysis type* pada model dapat didefinisikan sesuai yang diinginkan dengan menentukan jenis analisis yang akan dipakai dan sesuai dengan model yang sebenarnya. Analisis type yang digunakan adalah *structural*.
2. Proses *Meshing*  
 Proses *meshing* adalah proses dimana model yang telah kita gambar dibuat menjadi kumpulan elemen – elemen yang lebih kecil dan saling berhubungan dengan kumpulan nodal.  
 Meshing ditentukan dengan *SIZE Element edge length* 0,42, dengan parameter semakin kecil *SIZE* maka meshing akan semakin detail dan memperkecil tingkat *error* nya.



Gambar 5. Hasil *meshing* Pada Msc. patran

3. Penentuan Kondisi Batas  
 Kondisi Batas / *Boundary Condition* digunakan untuk menentukan bentuk tumpuan dari objek yang dianalisa (kondisi jepit). Pada tahap ini penentuan daerah objek yang dianalisa ditentukan apakah dalam kondisi dijepit atau dalam kondisi bebas, Penentuan *Boundary Condition* dilakukan sesuai tabel berikut:



Tabel 2. Kondisi batas [7]

Lokasi titik independen	Translasi		
	x	y	Z
Aft	-	fix	Fix
Fore	fix	fix	Fix
Lokasi titik independen	Rotasi		
	x	Y	z
Aft	-	-	-
Fore	fix	-	-

4. *Input pressure*

Pemberikan gaya tekan beban per satuan luas hal ini bertujuan untuk memberi beban sesuai pada kondisi ketika model struktur menerima sejumlah tekanan per satuan luas akibat proses pembebanan sesuai dengan proses analisa yang diinginkan, pemberian beban sesuai pada kondisi sebenarnya yang terjadi pada model konstruksi.

5. Penentuan *Solution Type*

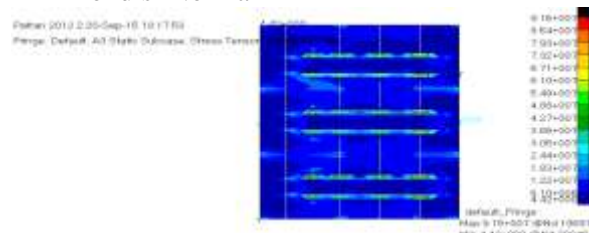
*Solution Type* ditentukan pada saat sebelum model akan di *running* yang bertujuan untuk memilih jenis analisa. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan *Linear Static* sebagai *solution type*.

6. *Post Processing*

Dalam tahap ini akan didapatkan hasil *stress* tertinggi dan lokasi *hotspot stress* dari model yang telah dianalisa. Kemudian hasilnya dapat dilihat dalam gambar yang ada di bawah ini:

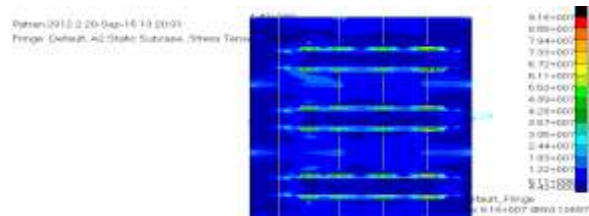
➤ Konstruksi Lama

- Kondisi Normal 1



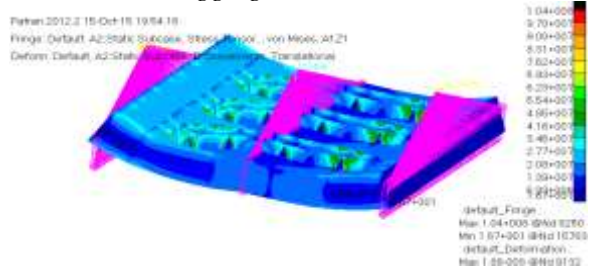
Gambar 6. *Output Result Stress Msc Patran* Kondisi Normal 1

- Kondisi Normal 2



Gambar 6. *Output Result Stress Msc Patran* Kondisi Normal 1

- Kondisi *Sagging 1*



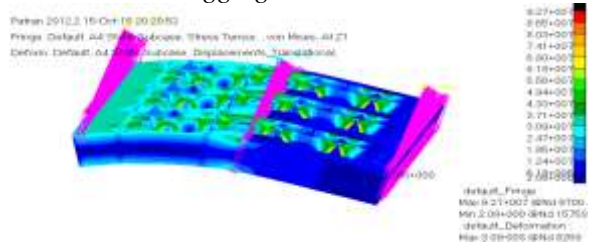
Gambar 6. *Output Result Stress Msc Patran* Kondisi *Sagging 1*

- Kondisi *Sagging 2*



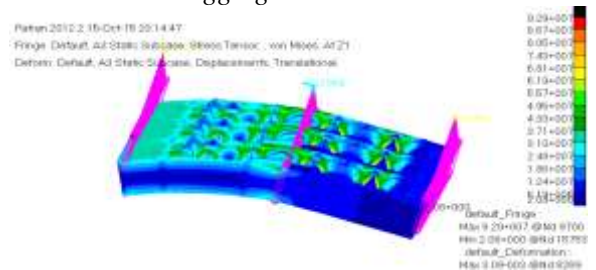
Gambar 6. *Output Result Stress Msc Patran* Kondisi *Sagging 2*

- Kondisi *Hogging 1*



Gambar 6. *Output Result Stress Msc Patran* Kondisi *Hogging 1*

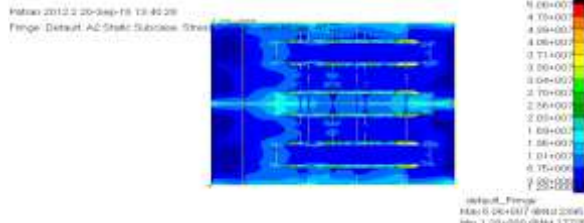
- Kondisi *Hogging 2*



Gambar 6. *Output Result Stress Msc Patran* Kondisi *Hogging 2*

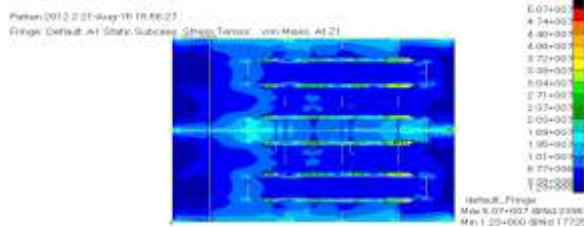


- Konstruksi Baru
- Kondisi Normal 1



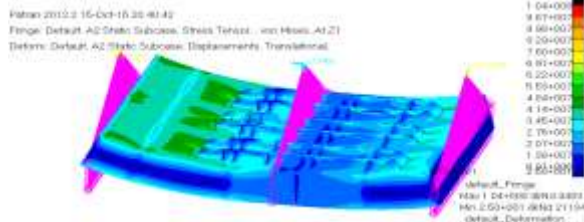
Gambar 6. Output Result Stress Msc Patran Kondisi Normal 1

- Kondisi Normal 2



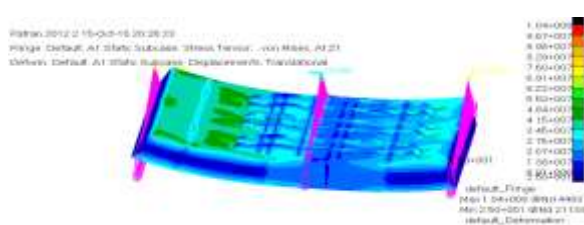
Gambar 6. Output Result Stress Msc Patran Kondisi Normal 2

- Kondisi Sagging 1



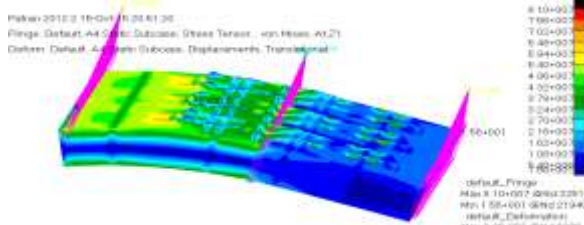
Gambar 6. Output Result Stress Msc Patran Kondisi Sagging 1

- Kondisi Sagging 2



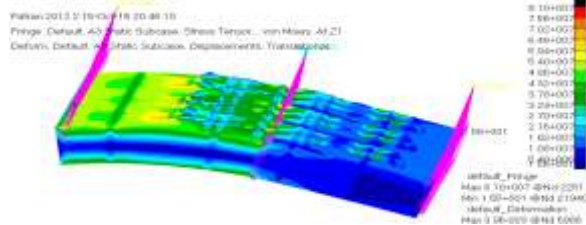
Gambar 6. Output Result Stress Msc Patran Kondisi Sagging 2

- Kondisi Hogging 1



Gambar 6. Output Result Stress Msc Patran Kondisi Hogging 1

- Kondisi Hogging 2



Gambar 6. Output Result Stress Msc Patran Kondisi Hogging 2

#### 4.6.1 Rekap Hasil Analisa model

Table 3. Rekap Hasil Analisa Model Konstruksi Lama

NO	Kondisi	$\sigma_{\text{mak}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Lokasi (Nodal)	Deformasi (mm)	Lokasi (Nodal)
1	Normal 1	91,5	10697	2,73	9865
2	Normal 2	91,6	10697	2,73	9865
3	Sagging 1	104	8250	1,88	9132
4	Sagging 2	104	8250	1,88	9132
5	Hogging 1	92,7	9700	3,09	8269
6	Hogging 2	92,9	9700	3,09	8269

Table 4. Rekap Hasil Analisa Model Konstruksi Baru

NO	Kondisi	$\sigma_{\text{mak}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Lokasi (Nodal)	Deformasi (mm)	Lokasi (Nodal)
1	Normal 1	50,6	2395	1,63	3013
2	Normal 2	50,7	2395	1,64	3013
3	Sagging 1	104	4483	2,92	1953
4	Sagging 2	104	4483	2,92	1953
5	Hogging 1	81	2251	3,96	6986
6	Hogging 2	81	2251	3,96	6986

#### 4.7 Perhitungan Safety Factor

Adalah perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen konstruksi terjamin keamanannya dengan tegangan yang diterimanya. Syarat perhitungan *safety factor* pada pengukuran ini nilainya harus lebih dari 1.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Safety Factor* Konstruksi Lama Dibandingkan dengan *Rules* Tegangan Ijin ( $\sigma_{\text{ijin}}$ ) BKI

NO	Kondisi	$\sigma_{\text{mak}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Lokasi (Nodal)	$\sigma_{\text{ijin}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FS ( $\sigma_{\text{ijin}} / \sigma_{\text{mak}}$ )	Ket
1	Normal 1	91,5	10697	190	2,08	Aman
2	Normal 2	91,6	10697	190	2,07	Aman
3	Sagging 1	104	8250	190	1,83	Aman
4	Sagging 2	104	8250	190	1,83	Aman
5	Hogging 1	92,7	9700	190	2,04	Aman
6	Hogging 2	92,9	9700	190	2,04	Aman

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Safety Factor* Konstruksi Baru Dibandingkan dengan *Rules* Tegangan Ijin ( $\sigma_{\text{ijin}}$ ) BKI

NO	Kondisi	$\sigma_{\text{mak}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Lokasi (Nodal)	$\sigma_{\text{ijin}}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FS ( $\sigma_{\text{ijin}} / \sigma_{\text{mak}}$ )	Ket
1	Normal 1	50,6	2395	190	3,75	Aman

2	Normal 2	50,7	2395	190	3,74	Aman
3	Sagging 1	104	4483	190	1,83	Aman
4	Sagging 2	104	4483	190	1,83	Aman
5	Hogging 1	81	2251	190	2,35	Aman
6	Hogging 2	81	2251	190	2,35	Aman

Tabel 7. Hasil Perhitungan *Safety factor* Model Konstruksi Lama Berdasarkan Batas Aman Material

NO	Kondisi	$\sigma_{\text{mak}}$	Lokasi	$\sigma_{\text{ijin}}$	FS	Ket
		(N/mm <sup>2</sup> )	(Nodal)	(N/mm <sup>2</sup> )	( $\sigma_i$ / $\sigma_{\text{mak}}$ )	
1	Normal 1	91,5	10697	235	2,57	Aman
2	Normal 2	91,6	10697	235	2,56	Aman
3	Sagging 1	89,7	8250	235	2,26	Aman
4	Sagging 2	89,9	8250	235	2,26	Aman
5	Hogging 1	91,7	9700	235	2,53	Aman
6	Hogging 2	92,7	9700	235	2,52	Aman

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Safety factor* Model Konstruksi Baru Berdasarkan Batas Aman Material

NO	Kondisi	$\sigma_{\text{mak}}$	Lokasi	$\sigma_{\text{ijin}}$	FS	Ket
		(N/mm <sup>2</sup> )	(Nodal)	(N/mm <sup>2</sup> )	( $\sigma_i$ / $\sigma_{\text{mak}}$ )	
1	Normal 1	50,6	2395	235	4,64	Aman
2	Normal 2	50,7	2395	235	4,63	Aman
3	Sagging 1	104	4483	235	2,26	Aman
4	Sagging 2	104	4483	235	2,26	Aman
5	Hogging 1	81	2251	235	2,90	Aman
6	Hogging 2	81	2251	235	2,90	Aman

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa struktur konstruksi Tank Top dan pondasi Generator Set pada kapal Accomodation Work Barge 5640 DWT dengan menggunakan program Msc Patran dan Msc Nastran dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan *von mises* maksimum terjadi pada pembebanan statis konstruksi Tank Top dan pondasi Generator Set dari berbagai kondisi pembebanan terjadi pada kondisi *sagging 1* dan *sagging 2* pada konstruksi lama sebesar 10,4E+008 N/m<sup>2</sup> pada node 8250 dan tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi baru terjadi pada kondisi *sagging 1* dan *sagging 2* sebesar 10,4E+008 N/m<sup>2</sup> pada node 4483. Deformasi terbesar terjadi pada kondisi *Hogging 1* dan *Hogging 2* sebesar 3,09 mm pada konstruksi sebelum perubahan tata letak Generator Set dan deformasi terbesar pada konstruksi sesudah perubahan tata letak Generator Set adalah sebesar 3,96 mm pada kondisi *hogging 1* dan *hogging 2*.

2. Letak daerah paling kritis pada konstruksi Tank Top dan pondasi Generator Set terjadi di antara frame 139 dan 140 yang berhubungan dengan penumpu konstruksi pondasi mesin Generator Set pada konstruksi lama dan konstruksi baru.

3. Struktur konstruksi Tank Top dan sistem pondasi Generator Set pada kapal Accomodation Work Barge 5640 DWT berada pada kondisi aman dimana nilai tegangan *von mises* yang terjadi pada struktur konstruksi Tank Top dan pondasi Generator Set menunjukkan bahwa material dan struktur konstruksi Tank Top dan pondasi Generator Set berada dalam batas aman yang nilainya dibawah  $\sigma_{\text{ijin}}$  sebesar 190 N/mm<sup>2</sup>. Nilai aman tersebut terletak pada titik kritis saat sistem bekerja sehingga batas aman mewakili seluruh struktur konstruksi dalam analisa kriteria kegagalan struktur.

### 5.2 Saran

1. Untuk mencapai ketelitian yang maksimal dalam analisa dengan menggunakan program Msc Patran dan Msc Nastran, dapat dilakukan dengan membuat model dengan geometri yang baik. Kesalahan dalam membuat geometri model akan mempengaruhi keakuratan perhitungan.
2. Pemodelan dengan menggunakan metode Elemen hingga sangat bergantung kepada jumlah elemen yang dipergunakan dan kesesuaian pemberian constraint dan load sesuai tempatnya pada suatu model. Sehingga untuk mendapatkan hasil pemodelan yang lebih baik hendaknya pembuatan model dilakukan dengan pembagian mesh yang lebih banyak lagi, terutama pada daerah yang menjadi mengalami pemusatan tegangan. Dengan demikian hasil yang akan didapat mendekati kondisi sesungguhnya.
3. Penggunaan software Msc Patran dan Msc Nastran sangat baik untuk analisa struktur kapal, diharapkan diadakan penelitian lebih lanjut dalam analisa struktur kapal menggunakan software tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Bureau of Shipping. 2014. *Guide For Building And Classing Accomodation Barge*. New York
- [2] Biro Klasifikasi Indonesia, PT. Persero. 2014. “*Rules for Classification and Construction of Sea Going Steel Ship Volume II : Rules for Hull Edition 2014,*” Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia
- [3] Daley, Claude, Professor, D. Sc, P. Eng. 2015. *Engineering 5003 – Ship Structures I*. St. John’s, Canada: Memorial University
- [4] Germanischer Lloyd. 2013. “*Rules for Classification and Construction: Guidelines for Global Strength Analysis of Multipurpose Vessels.*” Hamburg : Germanischer Lloyd SE
- [5] Ghali, A., Neville, A.M. 1985. *Analisa Struktur Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- [6] Handayanu. 2012. “*Metode Elemen Hingga*”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [7] IACS. 2006. *Common Structural Rules for Bulk Carrier*.
- [8] Ir. As’ad, A. 2003. “*Diktat Metode Elemen Hingga*”. Malang : Universitas Brawijaya
- [9] Ir. Supartono F. X, dan Ir. Teddy Boen. 1980. *Analisa Struktur Dengan Metode Matrix*. Jakarta: UI Press
- [10] Mairuhu, Thomas. 2011. *Kekuatan Struktur Konstruksi Kapal Akibat Penambahan Panjang*. Teknik Perkapalan Unpati
- [11] Moharos Istvan, Istvan Oldal, dan Andreas Szekrenyes. *Finite Element Method*. Budapest: Budapest University of Technology and Economics
- [12] P, Lee, James. 2004. *Foundation for Dynamic Equipment*. Michigan: American Concrete Institute
- [13] Popov, E. P. 1978. *Mechanics of Materials, 2nd edition*. New Jersey: Prentice-Hall
- [14] Szilard,R.1989. *Theory and Analysis of Plates classical and Numerical Methods*. University of Hawai . Hawai