

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Self-Propeller Oil Barge (SPOB)

*Self-Propeller Oil Barge* (SPOB) adalah jenis barge yang memiliki sistem propulsinya sendiri, yang pada dasarnya sama dengan kapal tongkang dan biasanya beroperasi disungai maupun perairan dangkal lainnya. (Prayoga & Aryawan, 2016).



Gambar 2.1 Kapal SPOB

Kapal SPOB berfungsi untuk mengangkut minyak bumi yaitu dalam bahasa Indonesia adalah cairan kental yang berwarna berkisar dari kuning pucat hingga merah dan coklat hingga hitam atau kehijauan, dalam sebagian besar kasus, berwarna hijau serta memiliki sifat mudah terbakar (Manning, 1968; Chougle & Walke, 2015).

### 2.2. *Sloshing*

*Sloshing* adalah gerakan *free surface* cairan yang menghantam dinding batasan pada sebuah tangki yang disebabkan oleh volume cairan yang tidak penuh. Pada beberapa kasus *sloshing* seperti yang terjadi pada muatan di ruang muat kapal, Ketika muatan atau cairan bergerak di dalam ruang muat atau tangki maka, tekanan *transverse sloshing* dapat menyebabkan deformasi besar di

dinding tangki serta struktur kapal. Gerak cairan muncul karena gerakan *transverse sloshing* pada tangki yang dapat terjadi dalam berbagai keadaan (Arimbawa 2011).

### 2.3. Beban pada Kapal

Pada penelitian beban yang dihitung adalah beban *transverse sloshing* yaitu beban yang muatannya bergerak didalam tangki ruang muat tersebut. Oleh karena itu menggunakan variasi beban muatan 40%, 50%, 60% dan 70% dan menggunakan persamaan berikut.

$$P_{slh-t} = 7\rho g f_{slh} \left( \frac{b_{slh}}{B} - 0,3 \right) GM^{0,75} \quad \text{KN/m}^2 \quad (2.1)$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis solar

$g$  = percepatan gravitasi 9,81 m/s<sup>2</sup>

$$f_{slh} = 1 - 2 \left( 0,7 - \frac{h_{fill}}{h_{max}} \right)^2$$

$$GM = 0.3.B$$

### 2.4. Tegangan (Stress)

Gaya yang bekerja pada suatu luasan, terdapat beberapa macam besaran serta arah. gaya bekerja lurus dengan sebuah bidang disebut tegangan normal (*normal stress*) di suatu titik di bidang tersebut. tegangan tersebut jika ditulis secara matematis maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = P / A \quad (2.2)$$

Dimana P adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap bidang, lalu nilai A adalah luas penampang. Dan juga dari tegangan normal bisa didapatkan tegangan tarik (*tensile stress*), tegangan tekan (*compressive stress*) dan tegangan geser (*shearing stress*) (Popov E. P., 1978).

Tegangan (*stress*) adalah gaya yang bekerja pada suatu bidang yang seluas satu satuan. Tegangan sendiri memiliki satuan N.m<sup>-2</sup> atau bisa disebut Pascal

(Pa). Tegangan yang terjadi pada sebuah benda atau suatu material dapat menyebabkan benda itu mengalami perubahan bentuk (Lubis, 2008).

$$\sigma = \text{gaya}/(\text{luas permukaan}) = F / A \quad (2.3)$$

## 2.5. Fatigue

Kelelahan (*fatigue*) yaitu penumpukan kerusakan suatu material yang penyebabnya adalah beban siklik. Bagian bagian dari sebuah struktur harus bertahan dari tegangan yang terjadi secara terus menerus ketika beroperasi. Salah satu contoh dari beban jenis ini yaitu pada *marine structure* yang dimana tegangan berhubungan dengan beban akibat muatan tersebut maupun dari gelombang. Kelelahan struktur biasanya tidak terjadi ketika setiap siklus tidak cukup besar untuk membuat struktur tersebut mendapati kegagalan. Namun kegagalan dapat terjadi jika kerusakan yang dialami oleh struktur sampai di level yang kritis. Umur kelelahan suatu material atau struktur secara tidak langsung berhubungan dengan proses kelelahan (Yugiarso, 2014).

Perhitungan *Fatigue life* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini, namun sebelum menghitung nilai *fatigue life* harus diketahui terlebih dahulu nilai dari *Cumulative fatigue damage*, yang diketahui bahwa nilai *fatigue damage* memiliki nilai lebih dari satu maka bisa dipastikan bahwa struktur tersebut tidak diterima. (appendix of JTP Common Structural Rules, 2006).

Nilai *fatigue damage* dapat di hitung menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{V_0 T_d}{a} q \Gamma \left( 1 + \frac{m}{h} \right) \quad (2.6)$$

Keterangan :

$V_0$  = respons rata-rata jangka panjang frekuensi zero-crossing

$T_d$  = umur rencana kapal dalam detik (20 tahun = 6.3 x detik)

$q$  = Parameter distribusi skala rentang tegangan Weibull untuk kondisi beban

$\Gamma \left( 1 + \frac{m}{h} \right)$  = fungsi gamma

Setelah nilai *fatigue damage* diketahui maka bisa diketahui umur yang ditentukan dengan persamaan:

$$\bar{F}atigue Life = \frac{(Design life)}{DM} \times years \quad (2.7)$$

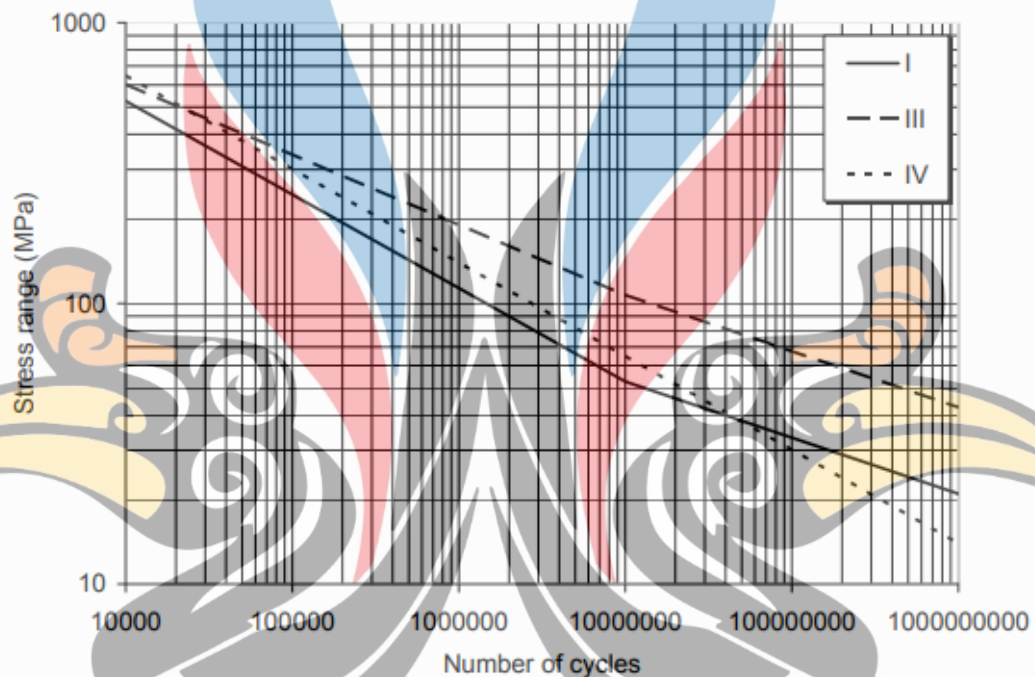
Keterangan :

*Design life* = 20 tahun, sesuai dengan aturan di buku DNV

DM = *Cumulative fatigue damage*

## 2.6. S-N Curve

Kekuatan sambungan las lasan sebuah baja terhubung pada kekuatan yang ditunjukkan menggunakan kurva S-N, yang terhubung dengan rentang tegangan yang terjadi pada sebuah material atau struktur, besaran siklus beban amplitudo adalah konstan untuk sebuah kegagalan. Untuk sebuah struktur kapal, kurva S-N dibawah digambarkan sesuai dengan buku DNV(Kurnianto, 2012) :

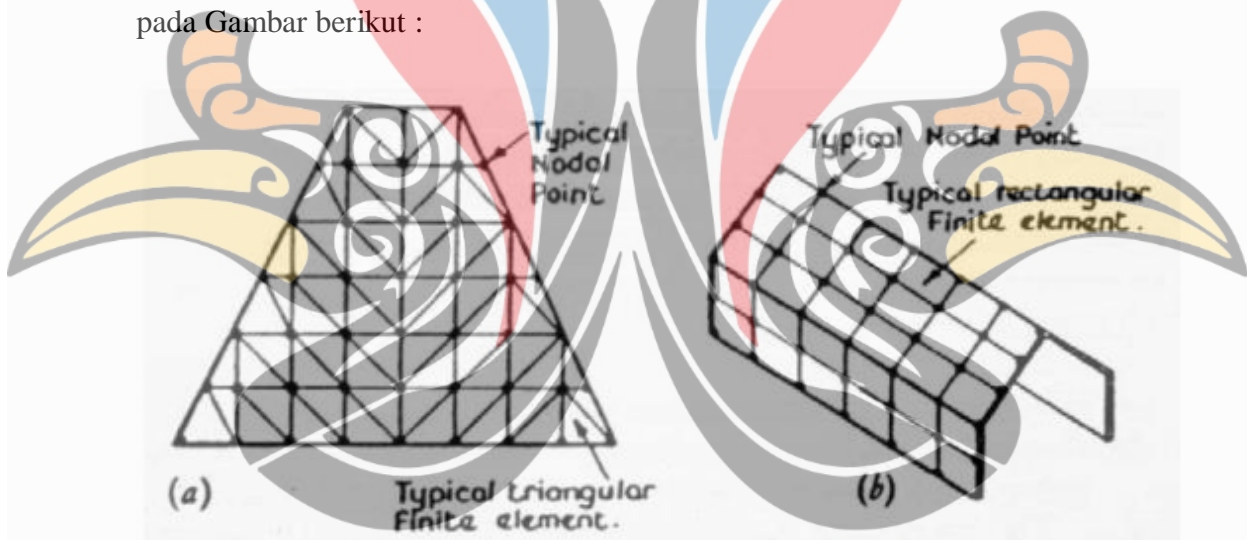


Gambar 2. 1 S-N Curve

## 2.7. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik yang biasanya digunakan menggunakan komputer. Suatu *elastic kontinum* dipecah menjadi beberapa elemen yang selanjutnya dengan memakai matriks, pembebanan akan dihubungkan pada di tiap tiap titik (*node*), *properti material*, *property geometric*, dan lain-lain. Metode elemen hingga telah banyak digunakan untuk berbagai macam permasalahan mekanika dengan geometri yang rumit. Banyak faktor yang membuat metode ini sering digunakan karena metode ini efektif, serta menyerukan solusi yang bisa dikatakan cukup akurat terhadap permasalahan permasalahan yang kompleks (Maranata, Mulyatno, & Amiruddun, 2015).

Analisa yang dilakukan oleh sebuah struktur dapat dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu bagaimana perilaku setiap elemen individual, kemudian elemen-elemen tersebut dihubungkan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya kesetimbangannya dan stabilitas dari perubahan posisi-posisi struktur tersebut sesuai pada setiap nodalnya. Setelah kedua hal tersebut dipenuhi, baru analisa dapat dilakukan dengan menerapkan perhitungan-perhitungan numeric yang berdasarkan analisa truktur sederhana pada setiap elemen-elemen struktur tersebut. Perhitungan-perhitungan numeric tersebut direpresentasikan dengan menggunakan metode matriks untuk menganalisis struktur secara kesinambungan. Karena analisis dilakukan dengan pada setiap elemen maka kedekatan hasil analisis terhadap kondisi sebenarnya bergantung pada jumlah elemen yang dibagi pada struktur yang dianalisa tersebut. Adapun contoh model elemen hingga ditunjukkan pada Gambar berikut :



Gambar 2. 2 Contoh Model Eemen Hingga

## 2.8. Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan, ditunjukkan pada tabel 2.3:

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Aryo Pangestu dkk, Analisis <i>Fatigue life</i>	Permasalahan: 1. Menghitung tegangan terbesar pada sambungan pembujur sisi, pembujur alas

	<p>Konstruksi Kapal Tanker 17500 DWT Menggunakan Metode <i>Simplified Fatigue Analysis</i> (2019)</p>	<p>dalam, dan pembujur dalam.</p> <p>2. nilai fatigue terkecil untuk setiap sambungan pembujur sisi, pembujur alas dalam, dan pembujur dalam.</p> <p>3. mengetahui umur kelelahan struktur konstruksi Metode : menggunakan metode elemen hingga</p> <p>Hasil: , tegangan terbesar untuk sambungan pembujur sisi terjadi ketika kondisi muatan 0.85hfilling, yaitu sebesar 56.3 <i>Fatigue life</i>. Sambungan pembujur alas dalam pada kondisi 0.7hfilling, yaitu sebesar 53.4 <i>Fatigue life</i>. Sambungan pembujur alas pada kondisi 0.85hfilling, yaitu sebesar 59.1 <i>Fatigue life</i>. Dari hasil tegangan tersebut, didapatkan <i>fatigue life</i> untuk tiap sambungan adalah 26.6 tahun untuk sambungan pembujur sisi, 42.5 tahun untuk sambungan pembujur alas dalam, dan 30.4 tahun untuk sambungan pembujur alas.</p>
<p>2</p>	<p>Nindi Widia Devi Rahmasari, Analisis Fatigue Konstruksi Car Deck Kmp Legundi 5000 Gt Dengan Metode Elemen Hingga, 2020</p>	<p>Permasalahan:1. Bagaimana analisis <i>fatigue life</i> pada konstruksi car deck 2, car deck 1 dan Ruang palka sedan menggunakan metode elemen hingga.</p> <p>Metode: menggunakan metode elemen hingga</p> <p>Hasil: didapatkan tegangan maximum tertinggi terdapat pada car deck 1 dengan ketebalan 80% (9,6 mm) yakni sebesar 241,16 <i>Fatigue life</i>, sedangkan tegangan minimum terendah terdapat pada car deck 2 dengan ketebalan 110% (13 mm) yakni sebesar 103,07 <i>Fatigue life</i>. Adapun nilai <i>fatigue life</i> tertinggi terdapat pada car deck 2 dengan ketebalan plat 110% (13 mm) sebesar 74,23 tahun dengan siklus tegangan 1350000 kali,</p>

		sedangkan nilai <i>fatigue life</i> terendah terdapat pada car deck 1 dengan ketebalan plat 80% (9,6 mm) sebesar 7,63 tahun dengan siklus tegangan 220000 kali.
3	Arif Pura Rizky dkk, Analisa Fatigue Kontruksi Main Deck Sebagai Penumpu Towing Hook Akibat Beban Tarik Pada Kapal Tug Boat 2 X 800 Hp Dengan Metode Elemen Hingga	Permasalahan 1 : 1. Dimana titik paling rawan terjadi kelelahan pada konstruksi tersebut? 2. Berapa fatigue life konstruksi pada daerah hot spot stress untuk konstruksi tersebut? Metode : Menggunakan metode elemen hingga Hasil : 1. Tegangan terbesar yang terjadi pada konstruksi main deck dan penumpu towing hook Tug Boat 2 x 800 HP dengan kondisi pembebanan 8006 DWT adalah pada saat kondisi Hogging dengan tegangan $1,49 \times 10^8$ Pa atau 149 Mpa di titik node 4390 2. Prediksi Umur kelelahan konstruksi main deck dan penumpu towing hook Tug Boat 2 x 800 HP dengan kondisi pembebanan 8006 DWT pada saat kondisi Hogging adalah 19,61 Tahun

