

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal kontainer

Kapal kontainer merupakan kapal yang khusus digunakan untuk mengangkut kontainer yang telah dimuat kedalam peti (kontainer). Dengan bantuan *crane* khusus yang bisa digerakkan dengan cepat, baik *crane* di dermaga ataupun *crane* di kapal. Kapasitas kontainer diukur dalam unit setara 20 (*TEU*) (Nainggolan,2017).



Gambar 2. 1 Kapal kontainer

(Sumber : *Unsplash.com*)

2.1.1 Kapal Semi Kontainer

Kapal semi kontainer merupakan kapal yang biasa digunakan untuk mengangkat kontainer bersama – sama dengan muatan yang tidak dilansir dalam

kontainer (*break bulk*), dengan kata lain muatan yang dibungkus secara konvensional.

Pada bagian bagian– bagian palka ataupun ruang muat dari kapal ini ada lubang– lubang untuk pemasangan *base cone* apabila hendak dimuati kontainer yang pula ada diatas geladaknya (Haryanto,2020). Berikut Gambar 2.2 merupakan kapal semi kontainer.



Gambar 2. 2 Kapal Semi Kontainer

(Sumber: *Unsplash.com*)

2.1.2 Kapal Full Kontainer

Kapal tipe ini digunakan hanya untuk mengangkat kontainer pada ruangan – ruangan yang telah dipasang *cell guide* sehingga kontainer yang hendak dilansir kedalam ruang muat dapat dengan mudah ditunjukkan melalui *cell guide*.

Diatas geladak kapal umumnya pula dipasang *cell guide*. Berperan untuk memusatkan kontainer pada tempat perannya didalam palka (*in hold*) serta di atas palka (*on dek*). Kapal full kontainer ditunjukkan pada Gambar 2.3 seperti dibawah ini (Haryanto,2020).



Gambar 2. 3 Kapal Full Kontainer

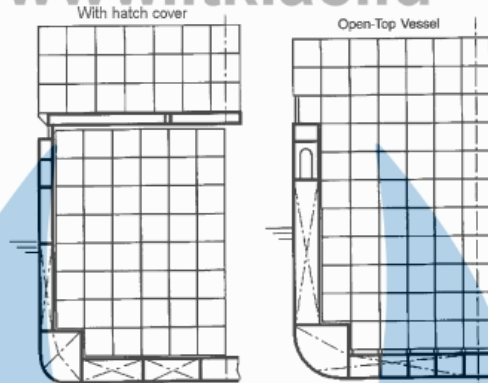
(Sumber : *Google*)

2.2 Sistem Penutupan Palkah

Ada beberapa macam sistem penutupan yang biasa digunakan pada kapal kontainer, sebagai berikut:

2.2.1 Open Cargo Hold (*No Hatch Cover*)

Seperti pada kapal umumnya, beberapa kapal kontainer tidak memiliki penutup palka (*hatch cover*) atau yang disebut *open hatch ship*. Umumnya palka dilengkapi dengan pompa pada lambung kapal untuk mengatasi air yang masuk ke dalam palka, misalnya akibat hujan. Penggunaan *Open hatch ship* memberikan keuntungan pada waktu bongkar muat di pelabuhan, sehingga mengurangi pengeluaran biaya (Lamb,2003). Pada Gambar 2.4 mengilustrasikan ruang muat kapal kontainer dengan penutup palka dan tanpa penutup palka.



Gambar 2. 4 Ruang Muat kapal kontainer dengan dan tanpa penutup palka

(Shama, 2010)

2.2.2 Kapal kontainer dengan *Hatch Cover*

Jenis penutup palka yang umum digunakan pada kapal kontainer, yaitu jenis *Piggy Back Hatch Covers* dimana dalam membuka dan menutup lubang palkah dengan tipe ini yaitu dengan menggeser penutup palkah ke haluan dan ke buritan. *Lift-On Lift-Off Hatch Covers*, sistem ini sangat baik untuk mengakomodasi muatan kontainer yang lebih besar. Cara kerjanya penutup palkah dibuka dengan menggunakan *crane*, dan *Hidraulic Folding Hatch Cover*.

2.3 Pembebanan pada kapal

Kapal digunakan untuk mengangkut barang dan penumpang melalui air dan juga untuk bekerja pada waktu berlabuh serta *docking*, Kapal mendapat beban yang tidak berubah-ubah besarnya, namun pada waktu berlayar dan bekerja beban yang diterima selalu berubah-ubah. Perubahan beban ini ada yang terjadi dengan cepat, tetapi ada pula yang terjadi secara perlahan - lahan. Secara umum, beban yang diterima kapal dapat digolongkan 3 yaitu, beban statis (tetap), beban statis semu (*quasi statis*), beban dinamis (mairuhu,2011).

2.3.1 Beban Statis

Beban statis, beban yang berubah apabila berat total kapal berubah, sebagai akibat kegiatan bongkar muat, pemakaian bahan bakar, atau perubahan kapal itu

sendiri. Pembebanan statis merupakan jenis pembebanan yang bersifat tetap, dalam hal ini adalah pembebanan dengan asumsi besarnya tidak berubah.

2.3.2 Beban *Quasi Statis*

Beban *quasi statis* adalah beban yang berubah besarnya maupun arahnya secara lambat yang termasuk dalam beban *quasi statis* yaitu, gaya tekan ombak, gaya hidrodinamis kapal, gaya inersia kapal, gaya tarik tali tunda, dll.

2.3.3 Beban Dinamis

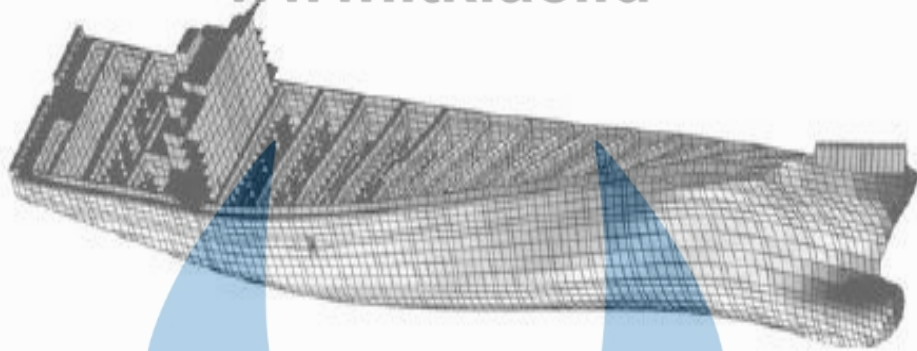
Beban dinamis, beban yang besarnya berubah terhadap waktu dengan frekuensi tertentu yang menimbulkan respon getaran terhadap struktur kapal (Damanik, 2016).

2.4 Puntiran

Puntiran terjadi akibat adanya gaya yang bekerja berlawanan arah terhadap kedua ujungnya. Kopel-kopel yang menghasilkan pemuntiran terhadap sebuah benda disebut momen puntir (*twisting moment*). Momen sebuah kopel sama dengan hasil kali salah satu gaya dari pasangan gaya ini dengan jarak antara garis kerja dari masing-masing gaya (Irwan, 2017).

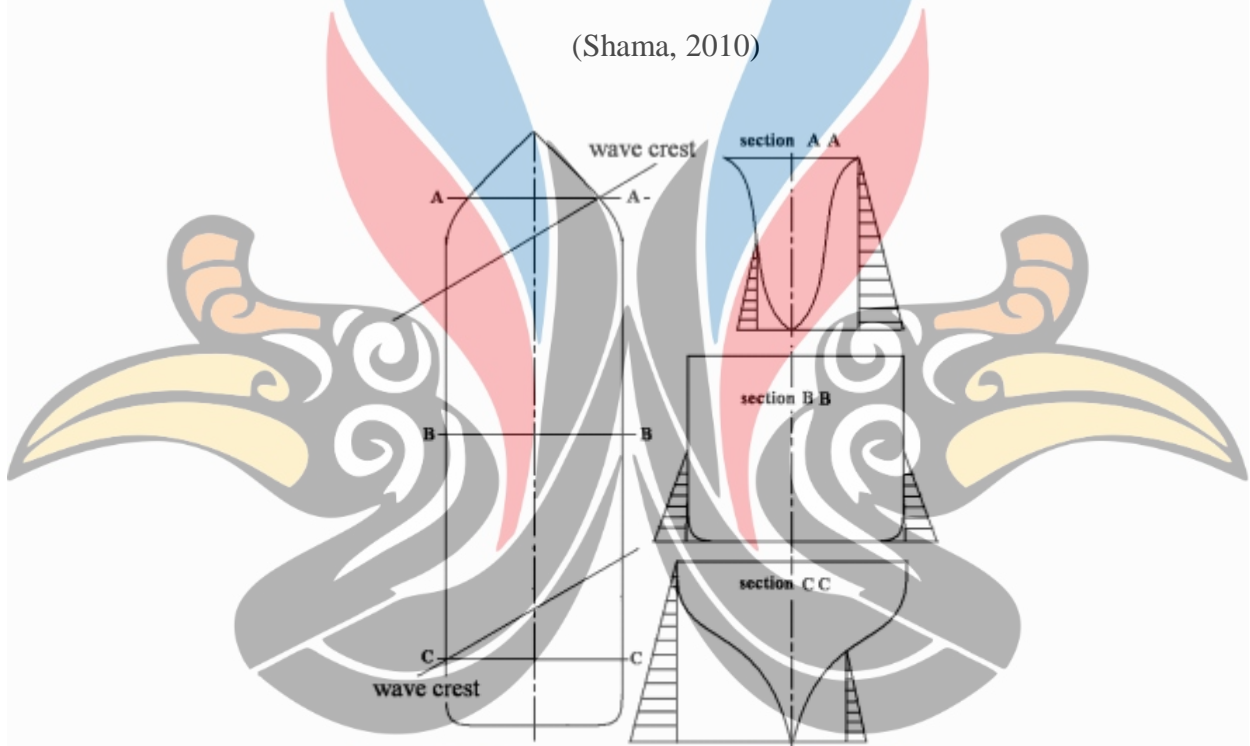
a. Puntiran pada kapal kontainer

Kapal kontainer sering juga disebut sebagai kapal dengan geladak terbuka. Penggunaan lubang palka yang lebar memiliki efek signifikan terhadap kekuatan puntiran pada kapal. Semua kapal yang mengalami momen puntir cenderung memutar lambung kapal sepanjang panjangnya (panjang kapal), lihat Gambar 2.5 (Irwan, 2017).



Gambar 2. 5 Kapal kontainer mengalami puntiran

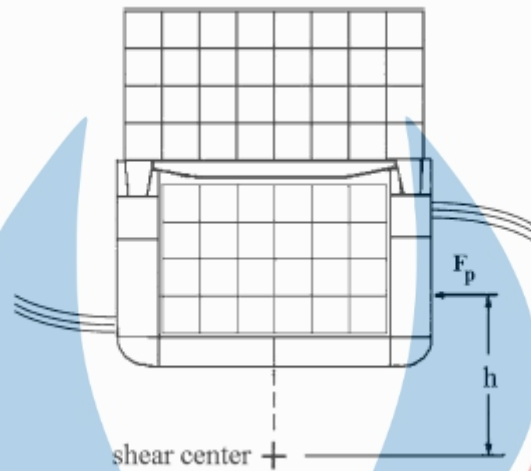
(Shama, 2010)



Gambar 2. 6 Lambung mengalami beban puntir pada beberapa bagian

saat bergerak pada arah datang gelombang yang miring

(Shama, 2010)



Gambar 2. 7 Beban puntir yang dihasilkan dari gelombang dan beban muatan
(Shama,2010)

2.5 Perhitungan Momen puntir kapal

Perhitungan momen puntir yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari *Rules BKI Vol II Section 5.B.3.5*. Untuk perhitungan momen puntir yang terjadi pada kapal dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 (BKI, 2019).

2.5.1 Perhitungan Momen puntir akibat muatan

$$M_{stmax} = 20 \cdot B \cdot \sqrt{CC} \text{ [kNm]} \quad (2.1)$$

Dimana :

B = Lebar Kapal (m)

\sqrt{CC} = Kapasitas muatan maksimum kapal yang diizinkan (ton)

$$\sqrt{CC} = n \cdot G \quad (2.2)$$

n = Jumlah maksimum kontainer 20 feet yang dapat diangkut kapal (TEU)

G = Berat rata-rata dari satu kontainer 20 feet (ton)

2.5.2 Perhitungan Momen puntir akibat gelombang

$$MW_{tmax} = L \cdot B^2 \cdot C_B \cdot C_O \cdot C_L \left[0,11 + \sqrt{a^2 + 0,012} \right] \text{ [kNm]} \tag{2.3}$$

Dimana :

$$a^2 = \sqrt{\frac{T}{L} \cdot \frac{C_N \cdot Z_Q}{B}} \tag{2.4}$$

$$C_N = 1 + 0,15 \frac{L}{B} \tag{2.5}$$

$$Z_Q = 0,2 \cdot \frac{B \cdot H}{T} \tag{2.6}$$

$$C_O = \left[10,75 - \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1,5} \right] \cdot C_{RW} \tag{2.7}$$

C_O = Koefisien Gelombang

$$C_O = \left[10,75 - \left[\frac{300-L}{100} \right]^{1,5} \right] \cdot C_{RW} \text{ Untuk kapal } 90 \leq L \leq 300 \text{ m}$$

L = Panjang Kapal (m)

B = Lebar Kapal (m)

C_B = Koefisien Blok (m)

C_L = Koefisien Panjang $L \geq 90 \text{ m}$

C_{RW} = Koefisien Jangkauan (Rute) Pelayaran

= 1 untuk jangkauan layanan tak terbatas. (BKI Vol II,2019).

2.6 Tegangan (*Stress*)

Tegangan (*stress*) didefinisikan sebagai perubahan gaya terhadap luas penampang daerah yang dikenai gaya. Tegangan merupakan besaran skalar yang memiliki satuan $N \cdot m^2$ atau Pascal (Pa). (Lubis, 2008).

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.8}$$

Dimana :

σ = tegangan (N/mm^2)

F = gaya yang bekerja atau beban (N)

A = luas penampang (mm^2)

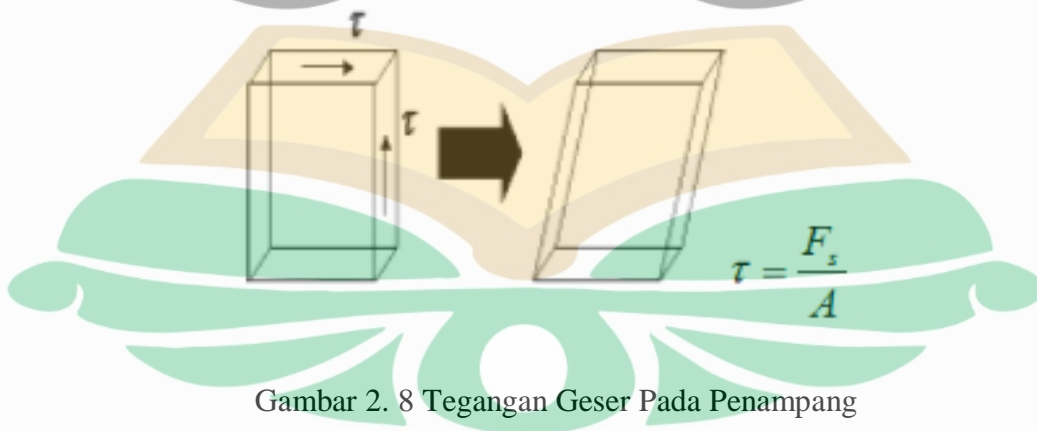
Secara umum tegangan dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Tegangan Normal

Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap permukaan yang mengalami tegangan. Tegangan ini dapat berupa tegangan tarik maupun tekan.

b. Tegangan Geser

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan. Intensitas gaya menentukan kemampuan suatu material terutama dalam memikul beban (kekuatan). Dalam perencanaan struktur, semua elemen harus diberikan ukuran tertentu. Ukuran harus diproporsikan cukup kuat untuk memikul beban yang mungkin terjadi. Setiap elemen struktur juga harus cukup kaku sehingga tidak melengkung atau berubah bentuk (*berdeformasi*) berlebihan pada saat struktur dipakai. Perbedaan penerimaan beban yang dialami oleh suatu konstruksi dapat menimbulkan tegangan geser (Andreas,2015).



Gambar 2. 8 Tegangan Geser Pada Penampang

a. Tegangan yang Di Izinkan

Tegangan yang mengakibatkan suatu konstruksi mengalami deformasi yang besar, dimana deformasi yang terjadi tersebut merupakan batas konstruksi masih aman dalam mengatasi beban yang terjadi atau yang bekerja disebut tegangan izin. Kriteria konstruksi disebut masih aman yaitu apabila tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi tersebut masih lebih kecil dari tegangan izin yang telah ditentukan oleh Badan Klasifikasi Indonesia (BKI).

Tegangan yang diizinkan dirumuskan berdasarkan ketentuan pada BKI VOL II, section 5.6.C yang ditulis sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{110}{k} \quad (2.9)$$

Dimana, k merupakan nilai faktor material. Nilai faktor material yang digunakan pada model adalah berdasarkan tegangan luluh yang digunakan yaitu 355 yang memiliki nilai faktor k sebesar 0.72.

2.7 Regangan (*Strain*)

Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang (L) dengan panjang mula-mula. Regangan dapat dinyatakan dengan persentase pertambahan panjang, satuannya adalah persen (%) atau mm/mm (Lubis, 2008). Dalam istilah teknik, regangan adalah perubahan bentukan. Jika perubahan bentukan total (*total deformation*) yang dihasilkan suatu batang dinyatakan dengan Δ (delta), dan panjang batang adalah L, maka ϵ dinyatakan dengan :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.10)$$

Dimana :

ΔL = Perubahan panjang (m)

L = Panjang awal (m)

2.8 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah suatu metode numerik yang cocok digunakan 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. Metode elemen hingga telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan berbagai persoalan mekanika dengan geometri yang kompleks.

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 diidealisasikan dengan kualitas model desain (Andreas,2015).

2.9 Safety Factor

Safety factor 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. Faktor keamanan adalah sebagai sebuah rasio kapasitas struktur terhadap beban yang diberikan. Faktor keamanan digunakan untuk mengukur ketahanan pada sebuah desain sebagai berikut: (Yuwantoro,2019).

$$FS = \frac{\sigma_{Yield Material}}{\sigma_{working stress}} \quad (2.11)$$

2.10 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terlebih dahulu yang dijadikan sebagai acuan terhadap pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan pada tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Daftar Penelitian Terdahulu

No	Nama, Judul dan Tahun Publikasi	Hasil
1	Rogit Billy, Studi Kasus Puntiran Pada Konstruksi Bangunan Baru Kapal Kontainer Sunship Eurocoaster, Tahun 2017	<p>Dilakukan analisis untuk mengetahui berapa nilai tegangan maksimum puntiran yang terjadi dengan menggunakan <i>rules Germanischer Lloyd</i> dan <i>Nippon Kaiji</i></p> <p>Analisis ini dilakukan dengan menggunakan software berbasis elemen hingga.</p> <p>Dari hasil penelitian didapatkan hasil tegangan maksimum dengan menggunakan <i>rules Germanischer Lloyd</i> didapatkan hasil tegangan maksimum (von misses) Kapal Kontainer Sunship Eurocoaster $3,12 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ pada respon I, $2,87 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ pada respon II, $2,48 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ pada respon III dan deformasi $9,62 \times 10^{-2} \text{ m}$ pada respon I, $2,12 \times 10^{-1} \text{ m}$ pada respon II, $3,11 \times 10^{-1} \text{ m}$ pada respon III. Dan dengan menggunakan <i>rules Nippon Kaiji Kyokai</i> tegangan maksimum (von misses) Kapal Kontainer Sunship Eurocoaster $2,99 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ pada respon I, $2,75 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ pada respon II, $2,37 \times 10^8 \text{ N/m}^2$</p>

		<p>pada respon III dan deformasi $9,20 \times 10^{-2}$ m pada respon I, $2,60 \times 10^{-1}$ m pada respon II, $2,97 \times 10^{-1}$ m pada respon III.</p>
2	<p>Muhammad Akbar F, Analisis Kekuatan Puntiran Pada Kapal Tongkang TK.Nelly 34 Akibat Konversi Muatan Dari Batubara Menjadi <i>Container</i> Tahun 2020.</p>	<p>Dilakukan analisis untuk mengetahui Tegangan Maksimum puntiran dan defleksi yang terjadi. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan <i>software</i> berbasis elemen hingga.</p> <p>Dari hasil penelitian didapatkan hasil Tegangan maksimum pada model cargo hold kapal tongkang TK. Nelly 34 akibat konversi muatan dari batubara menjadi kontainer pada 4 kondisi kapal tegangan paling maksimum terjadi pada saat kondisi IV, Tegangan yang dihasilkan sebesar $1,930 \times 10^8$ N/m² atau 19,30 MPa, terjadi pada ujung frame 36 tepatnya pada ujung sekat haluan. Ketika kapal kondisi muatan batubara tegangan yang dihasilkan sebesar $1,836 \times 10^7$ N/m² atau 18,36 Mpa. Defleksi maksimal yang terjadi dengan nilai sebesar $1,065 \times 10^{-2}$ m atau 1,650 cm.</p>
3	<p>Irwan Sitepu, Analisis Kekuatan Puntiran</p>	<p>Dilakukan analisis untuk mengetahui Tegangan geser yang terjadi akibat momen muatan dan juga akibat gelombang. Analisis ini dilakukan dengan</p>

<p><i>Longitudinal Yang Dimodifikasi Dari General Cargo Ke Kontainer tahun 2017.</i></p>	<p>menggunakan <i>software</i> berbasis eleme hingga, <i>ANSYS Mechanical</i>. Dari hasil penelitian didapatkan hasil tegangan geser yang terjadi akibat momen puntir yang disebabkan oleh ombak (MWTmax) lebih besar ($\tau_{xy} = -22,9221 \text{ N/mm}^2$ dan $\tau_{xz} = -15,6004 \text{ N/mm}^2$) dibanding tegangan geser yang terjadi akibat momen puntir akibat muatan (MST) ($\tau_{xy} = -18,8739 \text{ N/mm}^2$ dan $\tau_{xz} = -12,8453 \text{ N/mm}^2$).</p>
--	--

