

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSATAKA**

#### **II.1 Dok Apung (*Floating Dock*)**

Dok apung adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat memperbaiki kapal. Khususnya bagian kapal luar dan yang berada dibawah garis air dimana dok apung tersebut berupa rangkaian ponton – ponton, ataupun sebuah ponton yang memanjang yang dapat mengangkat seluruh bagian kapal yang berada diatasnya. Sehingga setelah kapal terangkat dari air, kita dapat memperbaiki atau mereparasi kapal dengan leluasa. Dok apung ini juga dilengkapi dengan pipa – pipa dan katup yang berfungsi sebagai saluran penyedotan air dari luar yang dimasukkan kedalam sel – sel ponton agar dok apung dapat tenggelam. Sehingga kapal bisa masuk dan juga berfungsi saluran pembuangan air yang ada diponton agar isi ponton kosong dan dok kembali terangkat / terapung sehingga kapal diatasnya ikut terangkat (Fathulloh, 2001).

Setiap dok apung memiliki daya kemampuan yang terbatas didalam pengangkatan kapal, yaitu dengan kata lain tidak semua kapal bisa terangkat oleh dok apung tersebut. Contoh sebuah dok apung mempunyai kekuatan angkat 3500 ton maka dok tersebut hanya mampu mengangkat kapal dengan berat maksimal 3400 ton dengan ukuran yang harus lebih kecil dari ukuran dok apung. Setiap dok apung juga dilengkapi dengan dua buah crane yang berlokasi disisi kanan – kiri shell dari dok apung yang berfungsi sebagai alat bantu angkat. Untuk memudahkan proses perbaikan suatu kapal seperti mengangkat material dan alat – alat berat yang diperlukan (Zainuri, 2010).

Dok Apung (*Floating Dock*) adalah suatu bangunan konstruksi dilaut yang digunakan untuk pengedokan kapal dengan cara menggelamkan dan mengapungkan dalam arah vertikal. Konstruksi floating dock ini umumnya terbuat dari baja dan plat (ponton). Ketika dok apung melakukan pengedokan kapal dan terjadi kebocoran pada pontonnya. Yang dikhawatirkan adalah daya angkat atau *TLC (Ton Lifting Capacity)* dari dok apung tersebut lebih kecil dari beban yang ditanggung, karena dari kebocoran sendiri mengurangi *TLC* dan menambah beban muatan dari dok apung. Selain itu dari kekuatan konstruksi

diperkirakan akan tegangan yang berlebih pada bagian dok apung yang pontonnya bocor. Maka dari hal tersebut diperlukan analisa apakah dok apung tersebut masih layak atau tidak beroperasi (Hendra, 2003).

### **II.1.1 Ponton dan Dinding Samping**

Ponton adalah bagian bangunan dari dok apung mempunyai fungsi sebagai landasan dari dok apung dan mempunyai gaya angkat sebesar *displacement*. Jumlah ponton pada dok apung sendiri tidak harus sama antara satu dengan yang lain, dikarenakan dok apung memiliki spesifikasi tersendiri.

Dinding samping jumlahnya 2 (dua) buah yaitu dinding samping bagian kiri dan dinding samping bagian kanan. Masing - masing dinding samping mempunyai panjang yang sama dengan seluruh panjang ponton (Hendra, 2003).

### **II.1.2 Gaya – gaya yang bekerja pada dok apung**

Untuk mempelajari persoalan – persoalan statika kita harus mengenal konsep dari gaya, yang dapat didefinisikan sebagai suatu aksi yang cenderung mengubah keadaan diam pada sebuah benda ke keadaan dimana gaya bekerja. Untuk mengetahui definisi lengkap sebuah gaya kita harus mengetahui besarnya harganya (*magnitude*), titik tangkapnya (*point of application*), dan arahnya (*direction*).

Besarnya atau harga gaya diperoleh dengan membandingkannya dengan suatu standar tertentu, yang diambil secara sembarang sebagai suatu gaya satuan. Besarnya gaya biasanya diukur dengan berbagai macam dinamometer. Bagian terpenting dari instrumen semacam ini adalah satu pegas elastis, yang dikalibrasi dengan menggantungkan pada bermacam – macam bobot atau berat yang telah diketahui dan menandai perpanjangan – perpanjangan yang berkaitan.

Titik tangkap sebuah gaya yang bekerja pada suatu benda adalah titik dimana gaya dapat dianggap terkonsentrasi. Secara fisik akan tidak mungkin untuk memusatkan sebuah gaya di satu titik tunggal yakni, setiap gaya harus mempunyai suatu luas atau volume terbatas yang di atasnya aksi dari gaya didistribusikan. Dalam kasus gaya gravitasi yang terdistribusi diseluruh volume

benda, titik tangkap dimana berat total dapat dianggap terpusat disebut titik berat (*center of gravity*) benda.

Arah sebuah gaya adalah arah disepanjang satu garis lurus yang melalui titik tangkap, dimana gaya cenderung menggerakkan benda ke arah gaya bekerja. Garis ini disebut garis kerja (*line of action*) gaya. Setiap besaran seperti gaya, yang memiliki arah maupun besar disebut besaran vektor (*vector quantity*) dan dapat dinyatakan secara grafis dengan satu segmen garis lurus yang disebut vektor. Berbagai – macam metode penyelesaian persoalan didasarkan pada beberapa aksioma, yang disebut prinsip – prinsip statika. Ada tiga prinsip – prinsip statika yaitu hukum paralelogram, hukum keseimbangan, dan hukum superposisi.

Hukum keseimbangan yaitu dua buah gaya dapat seimbang hanya jika kedua gaya sama besarnya, berlawanan arahnya, dan bekerja dalam garis kerja yang sama. Dalam persoalan – persoalan statika teknik kita sering harus bekerja dengan keseimbangan sebuah benda berbentuk prisma yang pada ujung – ujungnya bekerja dua buah gaya. Dengan mengabaikan berat yang dimilikinya, maka dapat diikuti dari prinsip yang baru saja dinyatakan bahwa batang dapat seimbang hanya bila gaya – gaya sama besarnya, berlawanan arahnya, dan aksi kolinear yang berarti bahwa gaya – gaya harus bekerja disepanjang garis yang menghubungkan titik – titik tangkapnya. Hukum superposisi yaitu aksi dari sebuah sistem gaya – gaya tertentu pada sebuah benda kaku tidak akan berubah jika pada sistem tersebut kita tambahkan atau kita kurangkan sistem gaya – gaya yang lain yang seimbang. Ini berdasarkan dari Superposisi dan Transmisibilitas yang apabila dua buah gaya berada dalam keseimbangan maka resultannya nol dan aksi gabungannya pada sebuah benda kaku ekuivalen dengan aksi tanpa gaya manapun (Zubaly, 1996).

## **II.2 Distribusi Beban**

### **II.2.1 Distribusi Beban Antara Dok dan Kapal**

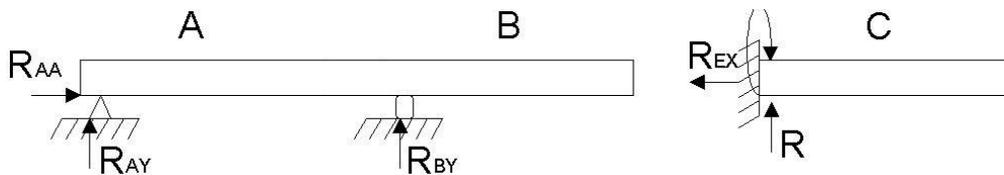
Telah diasumsikan sebelumnya bahwa distribusi beban sepanjang ponton mengikuti atau menyesuaikan distribusi berat kapal. Pada dok apung distribusi beban selanjutnya dipengaruhi oleh distribusi daya apung dari dok. Untuk

distribusi daya apung yang diberikan, beban telah ditetapkan dengan metode yang sama dengan kalkulasi perhitungan kekuatan memanjang kapal. Perbedaan atau selisih antara daya apung total antara berat kapal plus berat dok dan air yang dipindahkan disebut beban bersih atau kapasitas dok.

Dok apung diklasifikasikan berdasarkan kapasitas angkatnya, kapasitas angkatnya adalah daya apung yang dimiliki atau tersedia ketika dok mengapung. Daya apung ini muncul / berasal dari tanki – tanki ponton yang dikosongkan untuk mengangkat kapal (Zubaly, 1996).

## II.2.2 Kaidah Diagramatis Untuk Tumpuan

Ada tiga macam tumpuan yang dikenal pada balok yang dibebani oleh gaya yang bekerja pada bidang yang sama. Hal ini ditunjukkan oleh macammacam perlawanan yang diberikan balok tersebut terhadap gaya tersebut. Salah satu jenis dari tumpuan secara fisis dinyatakan dengan sebuah rol / penghubung hal ini mampu melawan gaya dalam suatu garis yang spesifik.



Gambar 2.1 Tumpuan sederhana dan jepit

a dan b hanya tumpuan sederhana.

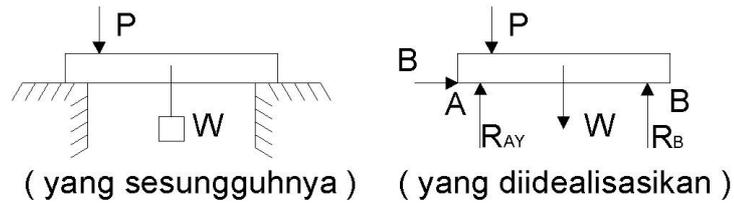
c tumpuan jepit.

Pada gambar a. Melawan gaya – gaya horizontal dan vertical.

b. Hanya melawan gaya vertical.

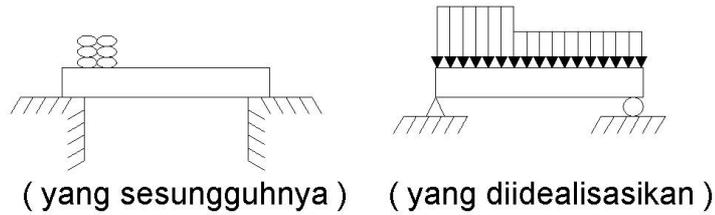
c. Melawan gaya horizontal, vertical dan momen.

Balok didatangkan untuk menumpu bermacam – macam beban. Acapkali suatu gaya diberikan terhadap balok melalui sebuah tonggak, sekelompok bangunan yang memakai baut. Susunan demikian mempergunakan gaya terhadap bagian balok yang sangat terbatas dan direalisasikan untuk tujuan analisis balok sebagai gaya terpusat. Pada pihak lain dalam banyak hal gaya – gaya tersebut berlaku pada bagian kecil dari balok. Misalnya dalam sebuah gudang barang – barang boleh ditumpuk sepanjang sebuah balok. Gaya – gaya tersebut dikatakan beban yang terdistribusi (Timoshenko, 1956).



Gambar 2.2 Sketsa distribusi beban

Beban terdistribusi :

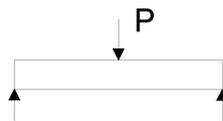


Gambar 2.3 Distribusi beban

## II.3 Tegangan

### II.3.1 Tegangan Pada Balok

Bila suatu balok bengkok maka bahan didalamnya mengalami tegangan tarik dan tegangan tekan, dan pada banyak kasus juga tegangan geser. Sebagai kaidah umum balok dibengkokkan oleh beban transversal yang bekerja antara kedua ujung tumpuannya :



Gambar 2.4 Tegangan oleh beban transversal

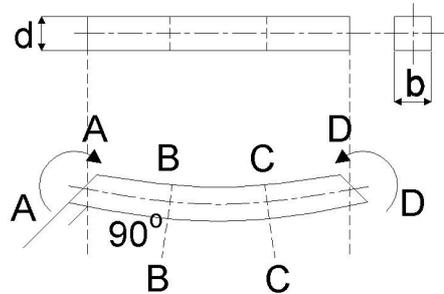
Sebagai hasil pembebanan seperti itu maka terjadi tegangan dalam 1 tegangan tekan dan tegangan geser, lenturan balok juga bisa diperoleh dengan memberikan 2 buah moment yang besarnya sama dan arahnya berlawanan pada ujung – ujungnya :



Gambar 2.5 Tegangan akibat momen

Jika balok dibengkokkan sedemikian rupa tidak ada gaya geser transversal yang bekerja pada tiap penampang dan batang tersebut dalam keadaan lentur murni (*pure bending*), bahan hanya mengalami tegangan lentur tarik dan tekan.

Dapat ditinjau dari balok segi empat lurus seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.6 Sumbu metral pada balok

balok tersebut terbuat dari banyak serat yang semuanya terletak sejajar dengan sumbu memanjangnya, tegangan pada serat itu dikenal dengan tegangan serat "fiber stress". Bahan balok tersebut homogen dan kekuatan serta modulus elastisitanya dalam arah tarik dan tekan sama. Ketika balok uji tersebut terbuat dari karet kokoh namun lentur dan mengalami dua moment lentur yang besarnya sama dan arahnya berlawanan bekerja pada bidang yang juga merupakan bidang simetri balok, maka dihasilkan kondisi lentur murni dan dibuat sejumlah pengamatan.

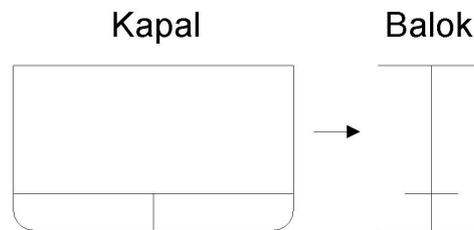
Gaya C dan T berturut – turut adalah resultan tegangan tekan dan tarik yang besarnya sama dan arahnya berlawanan dan masing – masing bekerja pada titik berat tegangan volume. Akibatnya C dan T membentuk kopel dimana momen tahanan RM menunjukkan tahanan dalam yang diberikan oleh serat balok terhadap momen lentur luar M. Karena dalam keadaan lentur murni, tegangan pada bidang potongan penampang BB sama dan berlawanan dengan tegangan pada bidang CC, maka bagian balok ini tentu saja dan harus setimbang, dengan kata lain :

$$\Sigma V = 0, \Sigma H = 0 \text{ dan } \Sigma M = 0$$

Karena balok ini mengalami lentur murni maka tidak ada tegangan geser yang terjadi (Gere, 2000).

### II.3.2 Tegangan Langsung Primer

Perhitungan tegangan langsung primer pada struktur kapal dapat didekati secara cukup realitas dengan konsep balok ekuivalen. Ini telah dilakukan oleh Pietzer yang secara intuitif telah memandang kapal diatas gelombang sebagai balok. Gambar secara jelas mengungkapkan tegangan – tegangan yang terjadi pada geladak, alas dan lambung sisi kapal, dan sekaligus memisahkan komponen – komponen melintang seperti gading dan sekat melintang yang tidak berperan langsung dalam kekuatan memanjang kapal. Sekalipun lambung kapal sama sekali tidak dapat dikatakan sebagai balok prismatik, idelisasi distribusi tegangan struktur kapal menjadi sebuah balok sederhana dapat dipakai untuk memperkirakan respon – respon primer pada seluruh panjang kapal (gambar 2.7).



Gambar 2.7 Balok Ekuivalen

Komponen struktur kapal yang dipakai dalam perhitungan tegangan primer sebagian besar mencakup komponen – komponen menerus memanjang seperti geladak, pelat sisi, pelat alas, sekat memanjang dan penumpu – penumpu serta penegar-penegar memanjang. Tegangan primer juga mencakup tegangan sebidang pada sekat-sekat melintang akibat berat dan gaya lintang yang disalurkan lewat sekat tersebut oleh geladak, pelat alas, pelat sisi yang bersebelahan.

Penurunan persamaan – persamaan tegangan dan lendutan dengan teori balok elementer dapat diperoleh dari banyak buku mengenai kekuatan bahan dan disini akan dibahas secara ringkas. Hasil terpenting dalam kerangka perhitungan kekuatan adalah hubungan antara tegangan memanjang kapal  $\sigma_x$  yang bekerja di bidang pelat dengan momen lengkung yang bekerja di sebuah titik (  $x,z$  ) pada panjang kapal  $M(x)$  :

$$\sigma_x = - \frac{M(x)}{I}$$

Dimana  $x$  adalah jarak meninggi yang ditinjau pada  $x$ , dan  $I$  adalah momen inersia keseluruhan penampang melintang struktur kapal dititik  $x$  dihitung

terhadap sumbu netral melintang kapal tempat titik berat keseluruhan penampang melintang kapal tersebut berada. Jelas bahwa tegangan – tegangan ekstrim terjadi pada sarat teratas atau terbawah pada balok, yaitu saat  $z$  memiliki harga – harganya yang terbesar  $z_{Max}$ . Besarnya  $I/z_{Max}$  disebut modulus penampang balok di titik  $x$  ( tepatnya bidang melintang yang melalui titik  $x$  ) SM. Dengan demikian, tegangan maksimum pada geladak, misalnya diperoleh dari :

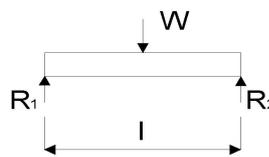
$$\sigma_{deck} = - \frac{M(x)}{SM_{deck}}$$

Tanda pada tegangan, pada kondisi tarik atau tekan, ditentukan oleh tanda  $z$ . Untuk momen lengkung positif, geladak mengalami tekan dan alas mengalami tarik. Dua perubahan pada persamaan balok diatas dapat terjadi pada kapal (Zubaly, 1996).

## II.4 Bending Momen

### II.4.1 Bending Momen Max.

Bending momen diside blok diasumsikan :

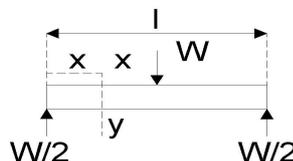


Gambar 2.8 sketsa bending momen

$$R_1 = \frac{W}{2} \quad R_2 = \frac{W}{2}$$

Dari Psm equilibrium =  $R_1 + R_2 = w$

Maka :



Gambar 2.9 Bending momen maksimum

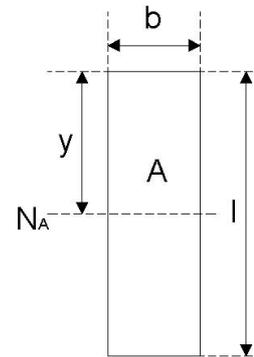
Pada  $X = 0$  SF langsung berubah dari  $0 - + W/2$ , Sehingga untuk  $0 < x < \frac{1}{2} \rightarrow SF = W/2$ , Pada  $X = L/2$  SF langsung berubah dari  $+ W/2$  menjadi  $- W/2$ , Sehingga untuk  $L/2 < x < L \rightarrow SF = +W/2 - W = -W/2$ , Diakhir pada saat  $x = L \rightarrow SF$  langsung berubah (Timoshenko, 1956).

## II.4.2 Titik Berat Penampang Segi empat

Dari buku Mekanika Teknik (Timoshenko, 1956) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Maka } T_b &= \frac{b.l.y}{b.l} \\ &= \frac{A.y}{A} \end{aligned}$$

Dimana :  $A$  = luasan segi empat  
 $y$  = sumbu tengah segi empat



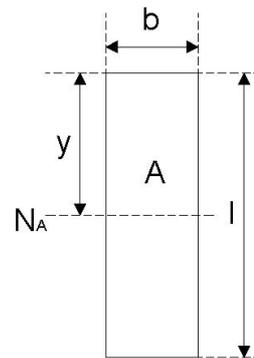
Gambar 2.10 Momen inersia

## II.4.3 Momen Inersia Penampang Segi Empat

Dari buku Mekanika Teknik (Timoshenko, 1956) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Maka } I &= \frac{b.l.^3}{12} \\ &= \frac{A.l.^2}{12} \end{aligned}$$

Dimana :  $A$  = luasan segi empat  
 $N_A$  = Netral axis



Gambar 2.11 Momen inersia

## II.5 Modulus Penampang

### II.5.1 Perhitungan Modulus Penampang

Sebuah langkah penting dalam kegiatan perancangan kapal yang rutin adalah perhitungan modulus penampang (melintang struktur kapal). Secara prinsip modulus penampang melintang struktur kapal terhadap geladak atau alas kapal diperoleh dengan membagi momen inersia struktur penampang kapal tersebut dengan jarak dari sumbu netar ke garis geladak atau garis alas. Secara umum komponen – komponen berikut dimasukkan dalam perhitungan momdulus penampang, apabila komponen – komponen tersebut memanjang kapal secara efektif :

1. Pelat geladak ( geladak kekuatan atau geladak – geladak lainnya yang efektif ).
2. Pelat sisi lambung dan pelat sisi dalam.
3. Penumpu – penumpu geladak dan alas.
4. Pelat dan penegar – penegar memanjang pada sekat memanjang.
5. Semua pembujur (penegar memanjang) pada geladak, sisi, dan alas dalam.

Dalam banyak bagian struktur kapal, tegangan memanjang  $\sigma_x$  adalah tegangan paling dominan. Namun demikian pada beberapa tempat tertentu, komponen – komponen tegangan geser menjadi lebih penting (Zubaly, 1996).

### II.5.2 Modulus Penampang Segi Empat

Dari buku Mekanika Teknik (Timoshenko, 1956), sebagai berikut :

$$Z = \frac{I}{y} \quad (Z)$$

$$I = \frac{b \cdot I^3}{12} \quad I$$

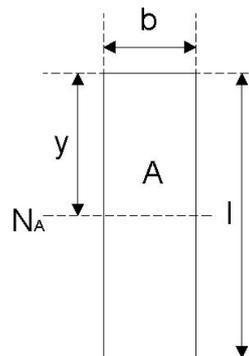
$$= \frac{A \cdot I^2}{12}$$

Karena  $y = \frac{l}{2}$

$$Z = \frac{I}{y} \quad Z$$

$$= \frac{AI^2}{12} \times \frac{2}{1} = \frac{AI}{6}$$

= inersia / titik berat



Gambar 2.12 Modulus penampang

### II.6 Hubungan Antara Tegangan, Momen Dan Modulus

Dari buku *Applied Naval Architecture* (Zubaly, 1996) diberikan pengertian sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

dimana =  $\sigma$  = tegangan ( Kg/mm<sup>2</sup> )

M = *bending* momen ( Kg.mm )

Z = modulus penampang ( mm<sup>3</sup> )

Sedangkan modulus penampang (  $Z$  ) itu sendiri :

$$Z = \frac{I}{y}$$

dimana  $y$  = jarak titik momen inersia ke netral axis ( mm )

$I$  = momen inersia ( mm<sup>4</sup> )

## II.7 Tegangan yang diizinkan ( $\sigma_p$ )

Tegangan maksimum yang diizinkan (BKI, 2006) akibat dari bending momen memanjang kapal baik untuk geladak ataupun dasar adalah<sup>[1]</sup> :

$$\sigma_p = C_s + \sigma_{p0} \quad k = 0,91 \text{ ( BKI 2006, Vol 2, section 2 )}$$

$$\sigma_{p0} = 18,5 \frac{\sqrt{L}}{k} \quad \text{untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$\sigma_{p0} = \frac{175}{k} \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

$$C_s = 0,5 + \frac{5}{3} \frac{x}{L} \quad \text{untuk } \frac{x}{L} < 0,30$$

$$C_s = 1,0 \quad \text{untuk } 0,30 \leq \frac{x}{L} \leq 0,70$$

$$C_s = \frac{5}{3} \left[ 1,3 - \frac{x}{L} \right] \quad \text{untuk } \frac{x}{L} > 0,70$$