

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. DATA- DATA TEKNIS**

Saluran pintu air yang direncanakan adalah suatu rangkaian konstruksi pintu air pada sebuah pertemuan tiga buah saluran yang mempunyai perbedaan ketinggian muka air pada bagian hilir dan hulu dengan komponen utama:

- ❖ Pintu Gerbang
- ❖ Kamar Kapal
- ❖ Katup Air, dengan sistem pengisian dan pengosongan

Bentuk saluran pintu air direncanakan dengan mempertimbangkan perkembangan lalu lintas kapal dalam jangka waktu tertentu termasuk pertimbangan kapasitas dapat melayani kapal dengan ukuran > 200 GT dan juga disesuaikan dengan data- data penunjang seperti data tanah, data kapal dan data hidrologi sungai sehingga perencanaan ini dapat lebih akurat.

##### **2.1.1. Tinjauan Tentang Tanah**

Saluran pintu air ini direncanakan akan dibangun di daerah Kudus tepatnya daerah pertemuan sungai Serang, Juana dan Wulan (Pintu Banjir Wilalung). Untuk mengetahui data tanah disekitar lokasi bangunan, penyusun mengambil data tanah dari Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Diponegoro. Data tanah yang diperlukan untuk pekerjaan bangunan ini antara lain: sudut geser tanah, kohesi tanah, berat jenis tanah, data sondir dan data- data lainnya.

##### **2.1.2. Tinjauan Tentang Sungai**

Saluran pintu air yang direncanakan akan dibangun pada pertemuan tiga buah saluran yaitu sungai Serang, Juana dan Wulan ini tidak terlalu dipengaruhi oleh pasang naik maupun pasang surut air laut. Sungai Juana mempunyai dasar perairan yang tidak rata, sehingga akan memperlambat gerakan pasang.

Elevasi muka air pada masing- masing saluran ditentukan dari data muka air banjir seperti yang terdapat pada lampiran yaitu untuk

sungai Serang/ saluran A (+14,7), sungai Juana/ saluran B (+12) dan sungai Wulan/ saluran C (+4,2).

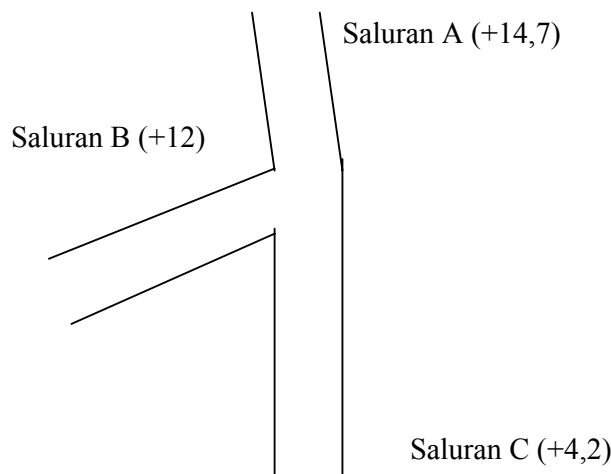
Ketentuan yang digunakan untuk menghitung data hidrologi saluran adalah sebagai berikut:

- Penampang sungai dianggap sama sepanjang saluran
- Kemiringan dasar saluran  $I=0.0001$
- Kemiringan talud 1:1
- Kecepatan aliran  $V=1/n(R)^{2/3}(I)^{1/2}$  ..... (2.1)
- Debit saluran  $Q=(V)(A)$  ..... (2.2)

**Tabel 2.1. Data Hidrologi Sungai**

	Saluran A	Saluran B	Saluran C
• Elevasi muka air (m)	+14,7	+12	+4,2
• Elevasi dasar saluran*	+9,00	+6,3	-1,5
• Kemiringan dasar saluran*	0,0001	0,0001	0,0001
• Kemiringan talud*	1:1	1:1	1:1
• Kecepatan aliran (m/dt)	1,70	1,70	1,70
• Debit saluran (m <sup>3</sup> /dt)	620	420	1917,68

\*) Data asumsi



**Gambar 2.1. Denah Situasi Sungai**

### 2.1.3. Tinjauan Tentang Kapal

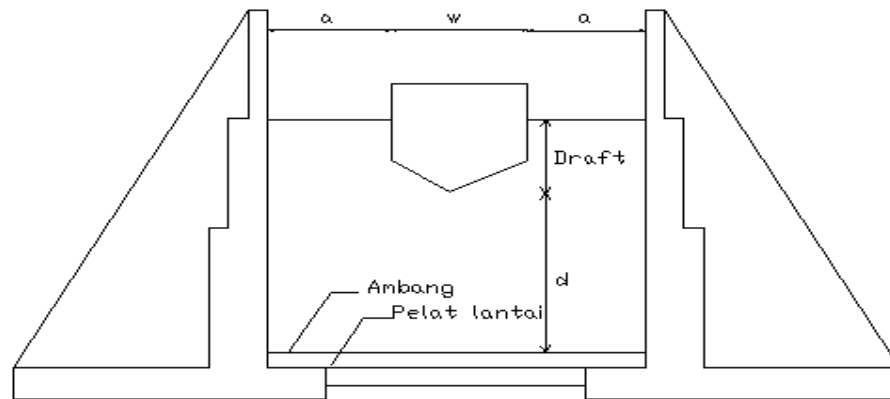
Sesuai fungsinya, bangunan saluran pintu air dibangun untuk melayani pelayaran kapal maka dalam perencanaannya harus memperhitungkan dimensi kapal yang meliputi: panjang kapal, lebar kapal, tinggi selam kapal (*draft*) dan kelonggaran bawah.

**Tabel 2.2. Data Dimensi Kapal**

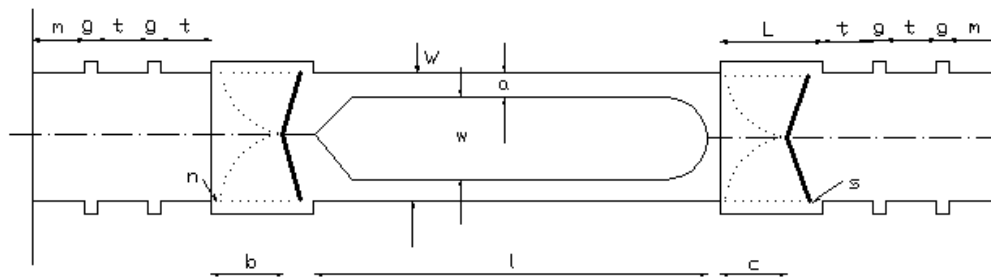
Bobot kapal (GT)	Panjang total Loa (m)	Lebar kapal B (m)	<i>Draft</i> kapal (m)
10	13,50	3,80	1,05
20	16,20	4,20	1,30
30	18,50	4,50	1,50
50	21,50	5,00	1,78
75	23,85	5,55	2,00
100	25,90	5,90	2,20
125	28,10	6,15	2,33
150	30,00	6,45	2,50
270	38,90	7,20	4,05
	39,13	7,00	4,00
350	44,80	7,30	4,20
	43,00	7,40	4,20
530	50,70	8,20	4,50
1000	64,46	10,50	5,30
1500	69,00	11,00	6,00

Dalam bidang perkapalan tidak ada aturan baku mengenai dimensi kapal. Dimensi kapal tergantung pada tujuan pembuatan dan fungsi kapal itu sendiri. Data kapal diatas diambil dari referensi yang kami peroleh dari Dinas Perikanan Propinsi Daerah Tingkat I Jateng. Lebar dan kedalaman alur pelayaran, direncanakan berdasarkan dimensi kapal terbesar yang saat ini menggunakan Pelabuhan Pendaratan Perikanan Bajomulyo Kabupaten Pati yaitu kapal ikan dengan ukuran > 200 GT seperti yang tercatat di Dinas Perikanan Dati II Pati. Dimensi

kapal yang dipakai dalam perencanaan saluran pintu air ini adalah kapal ikan 350 GT dengan ukuran 43,00 m x 7,40 m x 4,20 m.



**Gambar 2.2 Kelonggaran Melintang Kapal**



**Gambar 2.3 Kelonggaran Memanjang Kapal**

Keterangan:

- a = kelonggaran samping = 1,0 m
- w = lebar kapal
- d = kelonggaran bawah = 1,0 m
- m = jarak celah *schotbalk* ke tepi luar kamar = 2,5 m
- g = celah *schotbalk* (m)
- t = jarak antara celah *schotbalk* = 1 m
- W = lebar kolam (m)
- b dan c = kelonggaran membujur = 1,5 m + 1,5 m = 3,0 m
- l = panjang kapal (m)
- L = panjang pintu gerbang (m)
- n = kelonggaran depan pintu = 0,25 m

s = kelonggaran belakang pintu = 0,02 - 0,05 m

Untuk menentukan besarnya angka-angka kelonggaran kapal dalam kamar, berdasarkan lokasi pelayaran adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.3 Kelonggaran Kapal**

Lokasi pelayaran	Kelonggaran melintang (a)	Kelonggaran (m)	
		Ke bawah (d)	Membujur (b+c)
Kapal	0,1-0,9 m	0,5-1,0	1-5
Sungai	0,7-1,5 m	0,5-1,5	1-5

#### 2.1.4. Studi Kelayakan Sungai sebagai Sarana Lalu Lintas Air

Tujuan dari studi kelayakan ini adalah untuk menentukan ruang gerak kapal dalam saluran rencana agar dapat dilalui oleh tiga kapal sekaligus secara aman dan nyaman. Dalam perencanaannya lebar saluran hanya diperhitungkan terhadap kapasitas satu buah kapal @350 GT. Hal ini dimaksudkan agar lebar kamar pada saluran pintu air tidak terlalu besar. Ruang gerak minimal untuk satu buah kapal adalah sebagai berikut:

- ◆ Ruang gerak arah melintang

$$W = 2a + w \dots\dots\dots (2.3)$$

- ◆ Ruang gerak selam kapal

$$H = \text{Draft} + \text{kelonggaran bawah (d)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan melihat ruang gerak yang dibutuhkan oleh kapal tersebut diatas, maka kapasitas saluran yang ada disesuaikan dengan kondisi yang dibutuhkan, baik lebar maupun kedalaman saluran. Apabila kapasitas saluran kurang mencukupi maka dapat dilakukan pekerjaan pelebaran maupun pendalaman sungai.

## 2.2. PERENCANAAN DIMENSI SALURAN PINTU AIR

### 2.2.1. Standar Dimensi Kamar

Dalam pembuatan saluran pintu air harus berpedoman pada dimensi kapal yang akan dilayani, sehingga dimensi bangunan harus

sesuai dengan standar dimensi kapal yang ada. Hal ini dimaksudkan supaya bangunan yang direncanakan dapat sesuai dengan kapasitas yang diperlukan dan tidak terjadi pemborosan.

### 2.2.2. Dimensi Kamar

Kamar adalah suatu kolam yang dibatasi oleh dinding dan gerbang pintu air suatu saluran yang berfungsi untuk menyesuaikan beda elevasi muka air suatu saluran dengan saluran lain agar dapat dilewati oleh kapal.

Dalam perhitungan luas kamar dan pengisian/ pengosongan kamar, harus diketahui dulu ukuran celah schotbalk, lebar dinding geser yang menahan *schotbalk* dan lebar pintu gerbang. Luas kamar sesuai dengan dimensi kapal (kapasitas layanan pintu air), dengan rumus sebagai berikut:

- Lebar kamar (W) =  $2a + w$  ..... (2.5)
- Panjang kamar (Lk) = panjang kamar sal.B + panjang manuver + panjang kamar sal.C + panjang kamar sal.A  
 $= (m_B + 2g_B + t_{1B} + t_{2B} + L_B) + (2.r) + (m_C + 2g_C + t_{1C} + t_{2C} + L_C) + (m_A + 2g_A + t_{1A} + t_{2A} + L_A)$  ..... (2.6)
- Luas kamar (Fk) =  $W * Lk$  ..... (2.7)
- Ruang manuver kapal =  $\pi r^2$  ; dengan  $r = 2a + t$ , Ruang pintu =  $(n + s + L)W$  ..... (2.8)

### 2.2.3. Elevasi Dasar Saluran dan Tinggi Kamar

#### 2.2.3.1. Elevasi Dasar Saluran

Perhitungan elevasi untuk peil- peil dasar saluran berdasarkan asumsi bahwa elevasi muka air pada saluran dan elevasi muka air laut telah diketahui.

Dengan berdasarkan elevasi muka air saluran yang sudah diketahui, dapat ditentukan arah aliran airnya. Arah aliran air dimulai dari saluran A (+14,7) dan B (+12) menuju ketengah kemudian mengalir kesaluran C (+4,2).

Cara menentukan elevasi dasar saluran:

- muka ambang = muka air di titik tertentu-(draft+ kelonggaran dasar)
- Elevasi dasar saluran =muka ambang–tinggi ambang

### 2.2.3.2. Tinggi Kamar

Tinggi kamar (H) adalah hasil penjumlahan dari beda elevasi muka air, tinggi selam kapal (*draft*), jarak kelonggaran dasar saluran, ambang dan tinggi jagaan (*freeboard*). Elevasi yang diperhitungkan adalah elevasi muka air terendah (+4,2) dengan elevasi muka air tertinggi (+14,7),

## 2.3. OPERASIONAL DAN JUMLAH PINTU AIR

Operasional pintu air adalah suatu cara kerja pintu untuk mengatur elevasi muka air dadalam kamar maupun di luar kamar (pada saluran), agar saluran dapat dilewati kapal yang akan menuju saluran air yang berbeda elevasi muka airnya.

### 2.3.1. Operasional Pintu

- ◆ Kapal dari saluran A (+14,7) ke kamar, elevasi muka air di kamar dibuat menjadi (+14,7), arah pintu air berlawanan arah aliran air pada saluran.

Apabila kapal menuju saluran C (+4,2) atau saluran B (+12) yang lebih rendah muka airnya, maka diperlukan pengosongan kamar sesuai elevasi muka air pada saluran yang dituju. Muka air di saluran A (14,7) lebih tinggi, sehingga air dari saluran A mengalir ke kamar. Pada kondisi ini tidak diperlukan pintu tambahan untuk menahan aliran tersebut.

Kesimpulan pada saluran A, hanya diperlukan 1 pintu.

- ◆ Kapal dari saluran B (+12) ke kamar, elevasi muka air di kamar dibuat menjadi (+12), arah pintu air berlawanan arah aliran air pada saluran.

Apabila kapal menuju saluran A (+14,7) yang lebih tinggi muka airnya maka diperlukan pengisian kamar sesuai elevasi

saluran A. Muka air saluran B lebih rendah dari kamar maka air dari kamar akan mengalir ke saluran B, sehingga diperlukan pintu untuk menahan aliran tersebut.

Apabila kapal menuju saluran C (+4,2) yang lebih rendah muka airnya, maka diperlukan pengosongan kamar sesuai elevasi saluran C. Muka air saluran B lebih tinggi dari kamar dan air dari kamar akan mengalir ke saluran C.

Kesimpulan pada saluran B, diperlukan 2 pintu.

- ◆ Kapal dari saluran C (+4,2) ke kamar, elevasi muka air di kamar dibuat menjadi (+4,2), arah pintu air berlawanan arah aliran air pada saluran.

Apabila kapal menuju saluran A (+14,7) atau B (+12) yang lebih tinggi muka airnya, maka diperlukan pengisian kamar sesuai elevasi saluran yang dituju. Muka air di saluran C lebih rendah dari kamar dan air dari kamar akan mengalir ke saluran C, sehingga diperlukan pintu untuk menahan aliran tersebut.

Kesimpulannya pada saluran C, diperlukan 1 pintu yang dimensinya dipengaruhi oleh elevasi saluran tertinggi (saluran A).

### 2.3.2. Penentuan Jumlah Pintu

Dalam menentukan jumlah pintu air harus berdasarkan pada elevasi muka air dan arah aliran yang ditahan oleh pintu. Operasional dan jumlah pintu yang diperlukan adalah sebagai berikut :

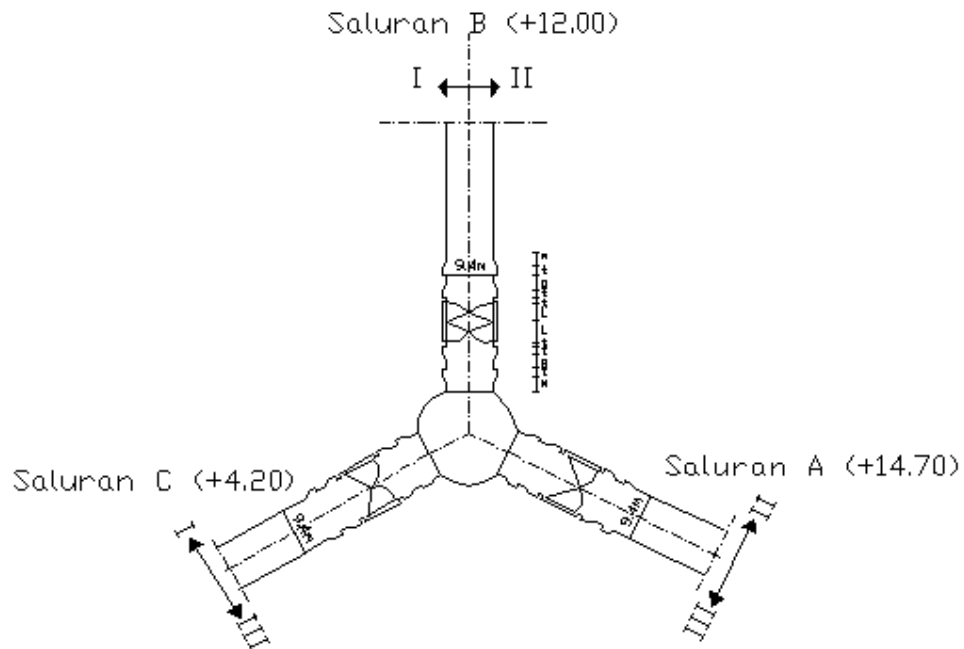
**Tabel 2.4 Jumlah Pintu Air**

Saluran	Terhadap Saluran	Posisi Pintu terhadap Saluran		Keterangan
		<	>	
Saluran A (+14,7)	Saluran B	X	-	Diperlukan satu pintu
	Saluran C	X	-	
Saluran B (+12)	Saluran A	X	-	Diperlukan dua pintu
	Saluran C	-	X	
Saluran C (+4,2)	Saluran A	-	X	Diperlukan satu pintu
	Saluran B	-	X	

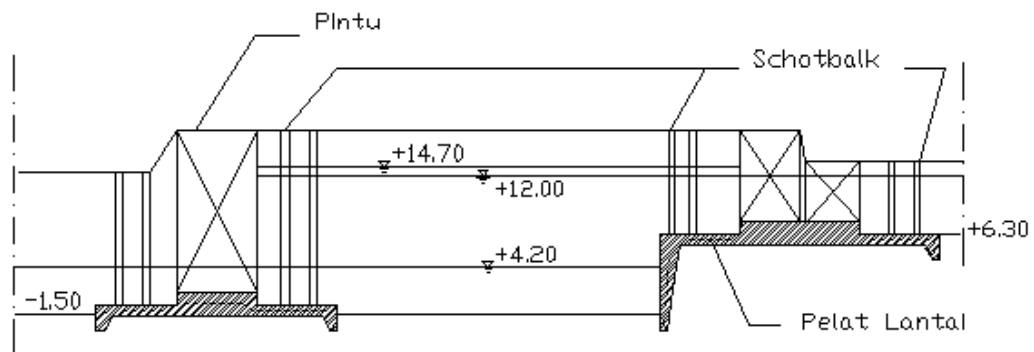


#### 2.4. PERENCANAAN BENTUK BANGUNAN

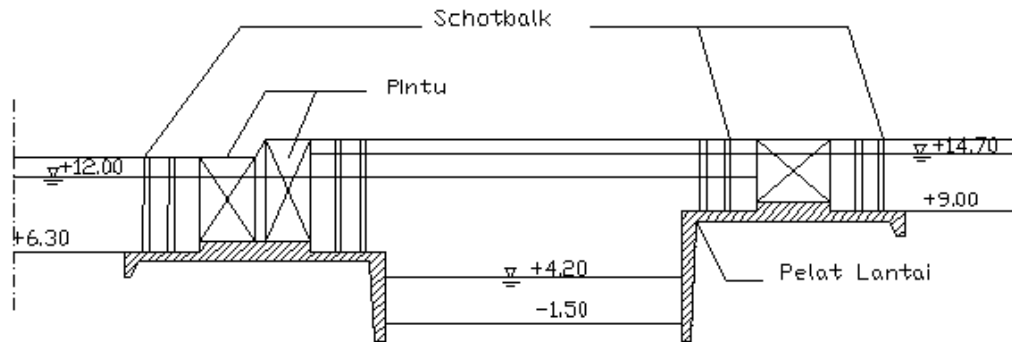
Dalam perencanaan bentuk bangunan pintu air, dipilih satu alternatif yang dinilai paling efektif dan efisien dalam pelaksanaannya yaitu dengan mempertimbangkan perkembangan pelayaran dalam kurun waktu mendatang.



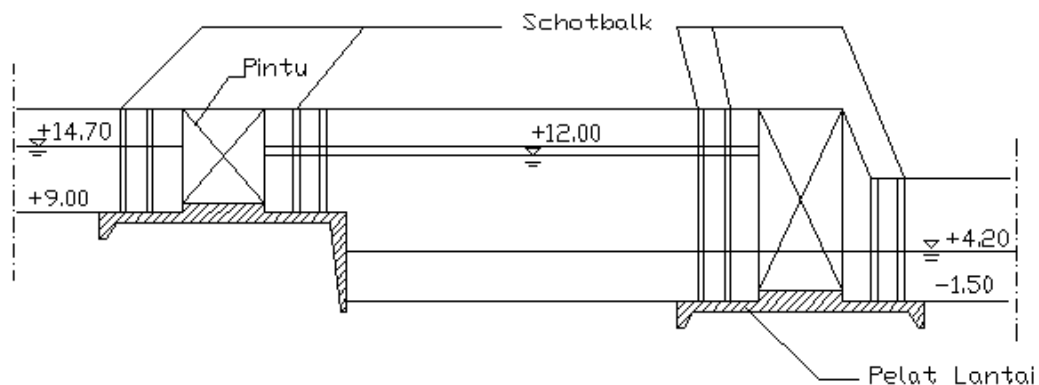
Gambar 2.4. Rencana Bentuk Bangunan



Potongan I-I



Potongan II-II



Potongan III-III

Gambar 2.5. Potongan

## 2.5. KONSTRUKSI PINTU AIR

Perencanaan konstruksi pintu air meliputi: perhitungan *schotbalk*, bidang geser penahan *schotbalk*, pintu gerbang, engsel, angker, dinding dan lantai.

### 2.5.1. Schotbalk

*Schotbalk* adalah konstruksi yang terdiri dari balok kayu atau profil baja tersusun yang disusun vertikal melintang saluran atau kanal dan berfungsi untuk membendung air pada saat perbaikan pintu gerbang atau pada saat pembersihan kolam dari lumpur.

*Schotbalk* direncanakan menggunakan profil baja yang dimensinya disesuaikan dengan perhitungan dengan mempertimbangkan besarnya tekanan air yang dibendung. Perhitungan dimensi *schotbalk* adalah dengan menggunakan rumus- rumus sebagai berikut:

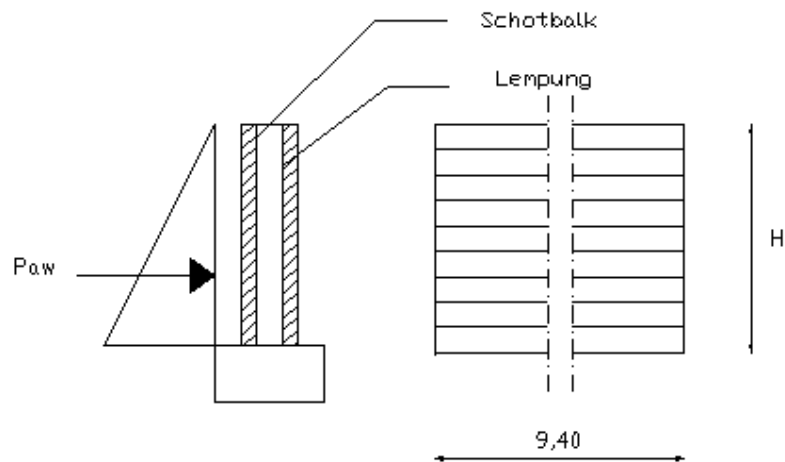
### 2.5.1.1. Rumus Pembebanan

Tekanan hidrostatis diambil yang terbesar untuk penentuan dimensi. Rumus tekanan hidrostatis adalah sebagai berikut:

$$P_{aw} = \gamma_w \cdot \frac{1}{2} \cdot H_w \quad (t/m^2) \quad ; \text{dimana } \gamma_w = 1 \text{ ton}/m^3 \text{) } \dots (2.9)$$

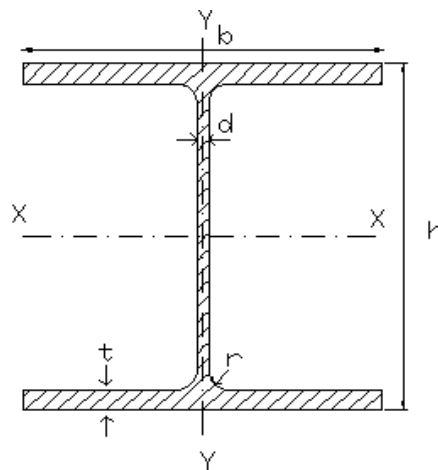
$$q_h = \gamma_w \cdot H_w \cdot b_{\text{profil}} \quad (t/m)$$

$$M = 1/8 \cdot q_h \cdot L^2 \quad ; \text{dimana } L \text{ lebar saluran } \dots (2.10)$$



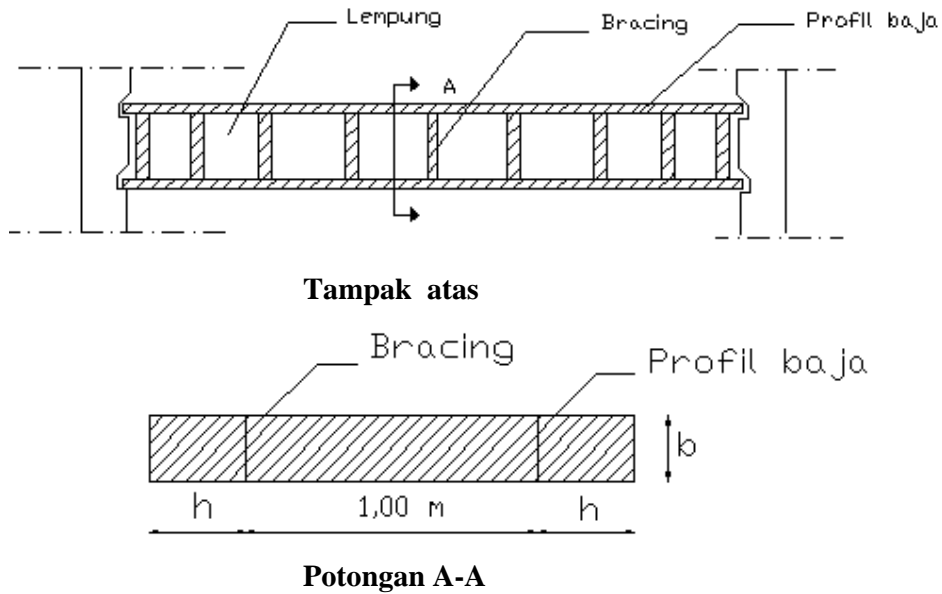
**Gambar 2.6. Tekanan Hidrostatis pada Schotbalk**

Schotbalk direncanakan menggunakan profil baja DIN yang ukuran- ukurannya sesuai dengan “Datar- Daftar Konstruksi Baja”.



**Gambar 2.7. Penampang Profil Baja**

Profil- profil baja ini disusun sejajar dari atas kebawah. Antara dua profil baja tersusun diberi balok- balok tegak lurus dengan jarak tertentu yang fungsinya sebagai *bracing* (pengaku).



**Gambar 2.8. Balok *Bracing* pada Schotbalk**

Penentuan balok:

$$\sigma_{ijin} = M / W_x \dots\dots\dots (2.11)$$

Dalam perhitungan ini tegangan ijin tergantung pada mutu baja yang digunakan.

Perhitungan dimensi profil baja:

Ditentukan dimensi profilnya = DIN..., didapat  $W_x, I_x, S_x$

Cek terhadap kekuatan bahan:

$$\tau = D.S / (t.I_x) \quad \text{dan} \quad \tau \leq \tau_{ijin} = 0,58 \tau_{ijin} \text{ (kg/ cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$f = 5.L^2.M_{maks} / (48.E.I_x) \text{ syarat } f \leq 1/ 500L \text{ (cm)} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

D = gaya lintang (kg)

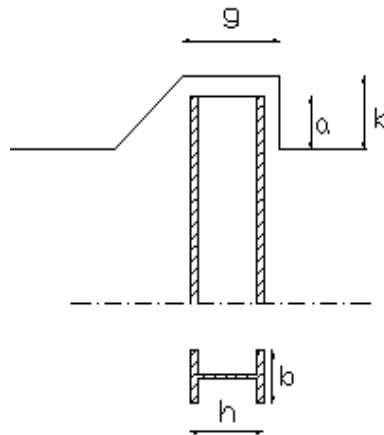
T = tebal profil (cm)

$S_x$  = statis momen profil ( kg/cm<sup>2</sup>)

E = modulus elastisitas baja ( kg/cm<sup>2</sup>)

$I_x$  = momen inersia profil ( cm<sup>4</sup>)

### 2.5.1.2. Rumus Perhitungan Celah *Schotbalk*



**Gambar 2.9 Celah *Schotbalk***

Keterangan:

$$a = (0,5 h + 5) \text{ (cm)}$$

$$b = a + (3 + 0,1 h) \text{ (cm)}$$

$$g = h + 2t + (3 + 0,1 h) \text{ (cm)}$$

$$h = \text{tebal } \textit{schotbalk} \text{ (tinggi balok) (cm)}$$

### 2.5.1.3. Perhitungan Lebar Bidang Geser

Lebar bidang geser yang dimaksud disini adalah bidang dinding geser yang menahan *schotbalk* pada saat membendung air, yang sekaligus untuk menentukan jarak antara celah *schotbalk* (t).

Rumus- rumus perhitungan:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 \text{ (kg/ m)} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$D = P * W \text{ (kg)} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\tau_b = 0,5 D/ A \text{ (kg/ m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$A = H_D * t \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

$$W = \text{lebar saluran (m)}$$

$$A = \text{luas bidang geser lebar (m}^2\text{)}$$

$H_D$  = tinggi dinding (m)

$\gamma_w$  = berat jenis air =  $1000 \text{ kg/m}^3$

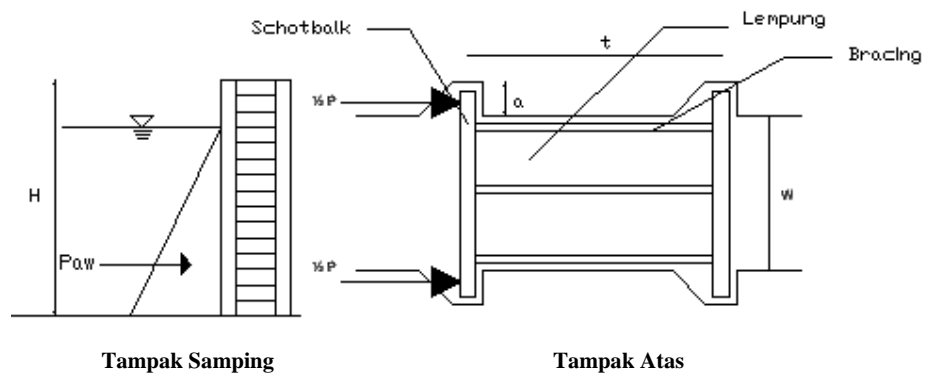
$P$  = beban merata akibat tekanan hidrostatik pada *schotbalk* (kg)

$D$  = gaya geser bekerja pada dinding akibat *schotbalk* (kg)

$\tau_b$  = tegangan geser ijin beton ( $\text{kg/m}^2$ )

$H$  = tinggi muka air dari dasar saluran (m)

$t$  = lebar bidang geser (m)



**Gambar 2.10. Bidang Geser Dinding Penahan Schotbalk**

### 2.5.2. Pintu Gerbang (*Lock Gates*)

Pintu gerbang merupakan bagian terpenting dari keseluruhan konstruksi pintu air karena dengan pengoperasian (membuka dan menutup) pintu gerbang inilah proses pemindahan kapal dari level air yang berbeda pada satu saluran atau lebih dapat terlaksana.

Syarat utama pintu gerbang adalah sebagai berikut:

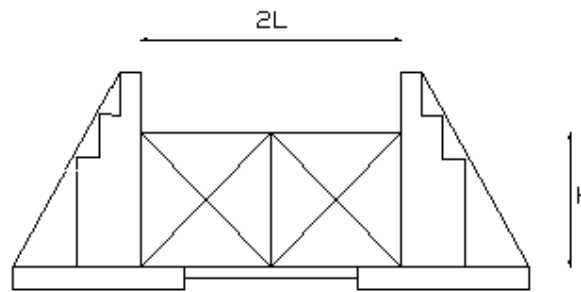
- ◆ Gerbang harus kedap air (meskipun dalam prakteknya sangat sulit untuk menghindari kebocoran, terutama kebocoran kecil)
- ◆ Gerbang harus merupakan konstruksi kaku dan tetap stabil selama pengoperasiannya. Lantai dan dinding pada bagian gerbang merupakan satu kesatuan yang kokoh, tidak boleh terjadi perubahan kedudukan selama pengoperasian.

Direncanakan bangunan pintu air memakai jenis pintu gerbang kembar baja. Faktor yang menjadi pertimbangan pemilihan gerbang kembar dibanding pintu gerbang lainnya antara adalah:

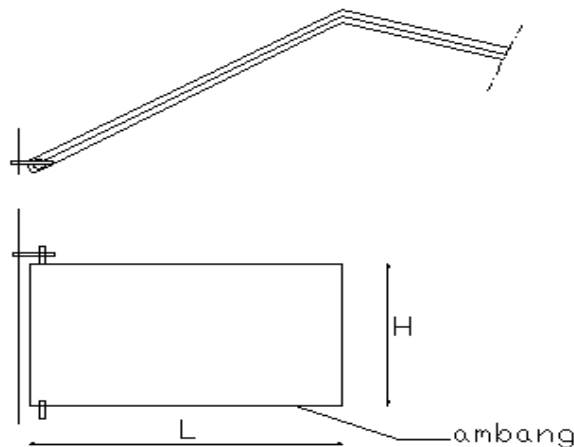
- ◆ Relatif lebih mudah dalam pengoperasiannya
- ◆ Dimensi relatif lebih kecil (ekonomis dalam bahan)

Langkah- langkah perhitungan dimensi pintu gerbang kembar baja adalah sebagai berikut:

- ◆ Ukuran tinggi pintu gerbang ditentukan sesuai dengan kedalaman air, tinggi *sponning* dan tinggi jagaan (*freeboard*), sehingga tinggi pintu gerbang di tiap saluran berbeda karena ketinggian air yang harus ditahan oleh pintu gerbang juga berbeda.
- ◆ Lebar pintu gerbang diperhitungkan terhadap factor lebar saluran, tebal pintu gerbang dan sudut kemiringan pintu gerbang terhadap garis melintang tegak lurus saluran.



**Gambar 2.11. Pintu Gerbang**



**Gambar 2.12. Tampak Atas dan Depan Pintu Gerbang Kembar**

### 2.5.2.1. Perhitungan Pembebanan untuk Pintu Gerbang

Untuk menentukan pembebanan pada pintu gerbang yaitu dengan membagi tinggi pintu gerbang ( $H$ ) menjadi beberapa segmen

secara grafis dengan panjang yang sama, sesuai dengan tekanan hidrostatik yang diterima pintu gerbang.

Rumus mencari tekanan (pembebanan) terbesar pada gerbang sama seperti pembagian segmen pada *shotbalk* diatas.

$$q = \frac{1}{2} \gamma_w (h_1 + h_2) \times b \quad (\text{kg/ m}) \dots\dots\dots (2.18)$$

### 2.5.2.2. Perhitungan Lebar Pintu Gerbang (secara praktis)

Hasil perhitungan lebar praktis ini akan dipergunakan sebagai data untuk perhitungan dimensi pintu selanjutnya.

Rumus praktisnya:

$$L = \sqrt{(1/6W)^2 + (1/2W)^2} \quad (\text{cm}) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana : W = Lebar saluran

### 2.5.2.3. Perhitungan Tebal Pelat Baja Penutup Pintu Gerbang

Pembebanan untuk pelat penutup dicari dengan  $q_{\text{maks}}$  yang mempunyai lapangan terluas. Perhitungan pada pelat didasarkan pada segmen yang menderita tekanan terbesar dan mempunyai lapangan terluas (diambil segmen terluas) menggunakan rumus *Bach* berikut:

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{1}{2} * k * P * \frac{a^2 b^2}{(a^2 + b^2) * t^2} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana:

$\sigma_{\text{ijin}}$  = tegangan baja yang diijinkan ( $\text{kg/ cm}^2$ )

k = koefisien kondisi tumpuan ; k = 0,8 (muatan tetap)

a = jarak antar segmen vertikal (cm)

b = jarak antar segmen horisontal (cm)

P = tekanan air ( $\text{kg/ cm}^2$ )

T = tebal pelat baja penutup pintu (mm)

### 2.5.2.4. Perhitungan Balok Vertikal dan Balok Horisontal

Balok vertikal dan balok horisontal direncanakan dengan dimensi yang sama sehingga untuk perhitungan dimensinya didasarkan beban yang terbesar (antara balok vertikal dan balok horisontal)



dengan tumpuan sendi dan rol atau persambungan balok dengan menggunakan baut.

◆ **Pembebenan:**

1. Pembebanan berat vertikal

$q_v$  = muatan yang diterima balok vertikal

$$M = 1/8 q_v a^2 \text{ (kg.m)} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :  $a$  = jarak antar balok horisontal

2. Pembebanan balok horisontal

$q_h$  = muatan yang diterima balok horisontal

$$M = 1/8 q_h L^2 \text{ (kg.m)} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :  $L$  = lebar saluran (cm)

◆ **Penentuan profil**

$$\sigma_{ijin} = \frac{M}{W_{br}} \text{ (kg/ cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$W_{br} = \frac{1,25M}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.24)$$

Ditentukan profil .... (misalnya profil x), didapat  $W_x > W_{br}$

◆ **Chek terhadap kekuatan bahan**

$$\tau = \frac{D * S_x}{t * I_x} \dots\dots\dots (2.25)$$

syarat:  $\tau \leq \tau_{ijin} = 0,58 \sigma_{ijin} \text{ (kg/ cm}^2\text{)}$

$$f = \frac{5 * L^2 * M_{maks}}{48 * E * I_x} \dots\dots\dots (2.26)$$

syarat:  $f = 1/500 L \text{ (cm)}$

dimana:

$D$  = gaya lintang (kg)

$t$  = tebal badan profil (cm)

$S_x$  = momen statis profil (cm<sup>3</sup>)

$E$  = modulus elastisitas baja =  $2,1.10^6 \text{ kg/ cm}^2$

$I_x$  = momen inersia profil (cm<sup>4</sup>)

### 2.5.2.5. Perhitungan Tebal Pintu Gerbang

$$tp = h + 2t \dots\dots\dots (2.27)$$

dimana:

- h = tinggi balok horisontal (cm)
- t = tebal pelat penutup pintu (cm)
- tp = tebal pintu (cm)

**2.5.2.6. Perhitungan Lebar Pintu Gerbang**

Perhitungan ini adalah untuk lebar pintu sebenarnya setelah semua data yang dibutuhkan telah diketahui (langkah- langkah perhitungan diatas).

Rumus lebar pintu gerbang (L) adalah sebagai berikut:

$$L = \frac{w/2 + z + m + t/2}{\text{Cos}\alpha} + t/2 + (j * \text{tg}\alpha) \dots\dots\dots (2.28)$$

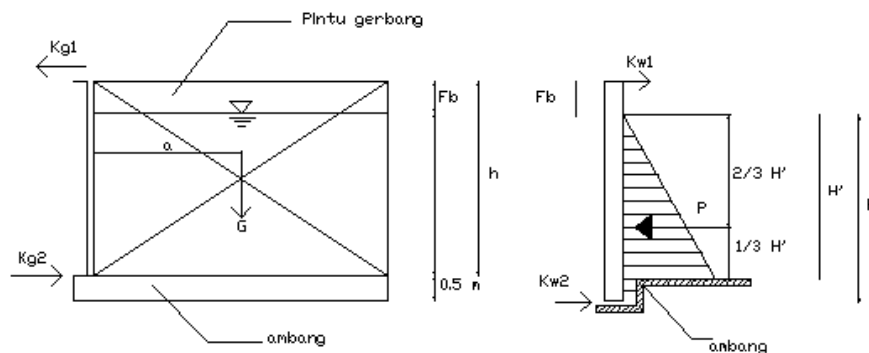
dimana:

- n = minimal 25 cm
- m = 2 – 5 cm
- p = 12 – 20 cm
- z = 10 – 15 cm
- t = tebal pintu gerbang (cm)
- j = 0,2 t
- α = sudut antara gerbang saat buka dengan garis vertical

**2.5.3. Engsel Pintu Gerbang**

Pembebanan pada engsel pintu gerbang (engsel atas dan engsel bawah) yang diperhitungkan adalah akibat:

- ◆ Pengaruh berat pintu gerbang sendiri
- ◆ Pengaruh tekanan hidrostatis



**Gambar 2.13. Pembebanan pada Engsel Pintu Gerbang**

Akibat pengaruh kedua gaya tersebut maka terdapat dua gaya reaksi yang bekerja pada engsel atas dan engsel bawah yang diperhitungkan sebagai gaya-gaya engsel.

### 2.5.3.1. Perhitungan Gaya- gaya pada engsel

- ◆ Keseimbangan akibat berat pintu

$$K_g = \frac{[(G * a) - (V * b)]}{h} \text{ (kg) ..... (2.29)}$$

$$K_{g1} = K_g \text{ (kg) } (\leftarrow)$$

$$K_{g2} = K_g \text{ (kg) } (\rightarrow)$$

dimana :

$K_g$  = gaya reaksi engsel akibat berat pintu (kg)

$G$  = berat pintu (kg)

$a$  = lengan momen  $G$  terhadap sumbu engsel (m)

$h$  = tinggi pintu gerbang (m)

$V$  = gaya angkat pengapung (kg)

$b$  = lengan momen  $V$  terhadap sumbu engsel (m)

- ◆ Keseimbangan akibat tekanan hidrostatik

$$K_{w1} = \frac{P \cdot H'}{3h} \text{ (kg) } (\rightarrow) \text{ ..... (2.30)}$$

$$K_{w2} = \frac{P(F_b + 2/3 H')}{h} \text{ (kg) } (\rightarrow) \text{ ..... (2.31)}$$

dimana :

$K_w$  = gaya reaksi engsel akibat tekanan hidrostatik

(kg)

$F_b$  = tinggi jagaan / *freeboard* (m)

$L$  = lebar pintu gerbang (m)

$H$  = tinggi tekanan hidrostatik (m)

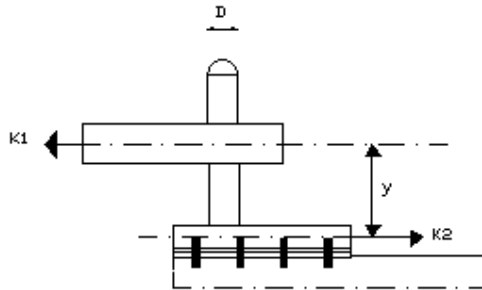
$H'$  = tinggi tekanan hidrostatik =  $H$ - tinggi sponning (m)

$h$  = tinggi pintu gerbang (m)

$P$  = resultan tekanan hidrostatik =  $\frac{1}{2} \gamma_w \cdot (H')^2 \cdot L$

**2.5.3.2. Perhitungan Dimensi Engsel Atas**

- ◆ Perhitungan diameter pen engsel



**Gambar 2.14 Engsel Atas**

$$K_1 = \sqrt{(K_g)^2 + (K_{w_1})^2} \dots\dots\dots (2.32)$$

$$M = y * K_1 \dots\dots\dots (2.33)$$

$$W = \frac{M}{\sigma} \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$W = \frac{\pi D^3}{32} \dots\dots\dots (2.35)$$

Didapat diameter pen engsel atas D (cm)

- ◆ Cek terhadap geser, rumus :

$$\tau = \frac{4K_1}{3\pi R^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \tau \leq \tau_{ijin} = 0,58\sigma_{ijin} \dots\dots\dots (2.36)$$

dimana :

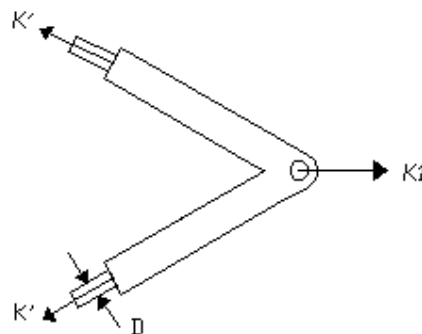
$K_1$  = resultan gaya pada engsel atas

y = lengan momen

D = diameter pen engsel atas

R = jari-jari engsel

- ◆ Perhitungan diameter stang angker



**Gambar 2.15 Stang Angker**

$$K' = \frac{1}{2} * K_1 * \text{Cos} (1/2\alpha) \quad (\text{kg}) \dots\dots\dots (2.37)$$

$$F = \frac{K'}{\sigma} \quad (\text{kg}) \rightarrow \sigma_{ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$F = \frac{1}{4} \pi . D^2 \quad (\text{cm}^2) \text{ maka } D \text{ didapat } \dots\dots\dots (2.39)$$

◆ Perhitungan pelat angker

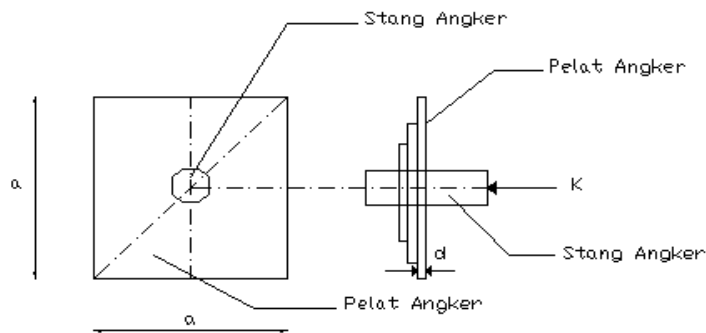
$$F = \frac{K_1}{\sigma_{bs}} \quad (\text{cm}^2) \rightarrow \text{didapat nilai } a \text{ (lebar pelat) } \dots\dots (2.40)$$

dimana :

$$F = \text{luas pelat angker} = a^2$$

$$\sigma_{bs} = 0,56 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 0,56 \sqrt{225} = 8,4 \text{ kg/cm}^2$$

$\delta$  = tebal pelat (mm)



**Gambar 2.16 Pelat Angker**

Tinjauan terhadap potongan

- Potongan I-I

$$M = \frac{1}{2} \sigma_{bs} * a * (1/2 a)^2 = 1/8 \sigma_{bs} * a^3 \dots\dots\dots (2.41)$$

$$W = \frac{M}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \rightarrow \sigma_{ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.42)$$

$$W = 1/6 a * \delta^2 \quad (\text{cm}^3) \dots\dots\dots (2.43)$$

Tebal pelat ( $\delta$ ) diperoleh (mm)

- Potongan II-II

$$P = \frac{1}{2} * a * \delta_{bs} \quad (\text{kg}) \dots\dots\dots (2.44)$$

$$M = P * 1/3 * \frac{1}{2} a * \sqrt{2} \dots\dots\dots (2.45)$$

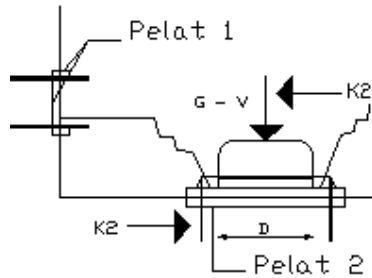
$$W = \frac{M}{\sigma} \quad (\text{cm}^3) \rightarrow \sigma_{ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.46)$$

$$W = 1/6 a * \delta^2 \text{ (cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.47)$$

Diameter pelat angker ( $\delta$ ) atas diperoleh (mm)

Dari peninjauan dicari yang terbesar.

**2.5.3.3. Perhitungan Dimensi Engsel Bawah**



**Gambar 2.17 Engsel Bawah**

- ◆ Perhitungan diameter pen engsel

$$K_2 = Kw_2$$

$$F = \frac{G - V}{\sigma} \rightarrow \sigma_{ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.48)$$

$$F = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 \text{ (cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.49)$$

Diameter pen engsel (D) diperoleh (mm)

- ◆ Check terhadap geser

$$t = \frac{4K_2}{3\pi R^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \tau \leq \tau_{ijin} = 0,58\sigma_{ijin} \dots\dots (2.50)$$

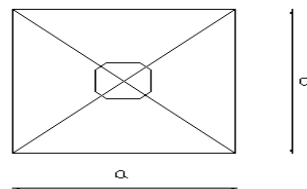
dimana :

D = diameter pen engsel bawah

G = berat pintu

V = gaya angkat pengapung

**2.5.3.4. Perhitungan Pelat Andas**



**Gambar 2.18 Pelat Andas**

$$F = \frac{G}{\sigma'_{bs}} \rightarrow \sigma_{ijin} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.51)$$

$$F = a^2 \dots\dots\dots (2.52)$$

Panjang sisi pelat andas (a) diperoleh (cm)

$$F = \text{Luas penampang andas} = a^2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{bs}' = 0,36 \sqrt{\sigma'_{bk}} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{beban tetap} \dots\dots\dots (2.53)$$

### 2.5.3.5. Perhitungan Geser pada Angker

Gaya geser yang terjadi pada angker dapat dihitung dengan rumus :

$$A_b \cdot f_y = u \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b \quad \text{dengan : } \pi \cdot d_b^2 \cdot \frac{1}{4} \dots\dots\dots (2.54)$$

$$l_d = \frac{f_y}{4u} d_b \dots\dots\dots (2.55)$$

dimana :

$l_d$  = panjang pengangkeran minimum

$u$  = tegangan peiekatan rata-rata

$f_y$  = tegangan pada ujung batang

$A_b$  = luas penampang angker

$d_b$  = diameter angker

### 2.5.4. Dinding (*Lock Wall*)

Dinding yang dimaksud disini terdiri dari dua jenis yaitu dinding pada pintu gerbang dan dinding pada kamar. Perencanaan dinding pada pintu gerbang dibuat monolit dengan pelat lantainya. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi rembesan/ bocor pada pintu. Sedangkan perencanaan dinding pada bagian kolam/ kamar dapat dilakukan dengan menggunakan pelat lantai maupun tanpa pelat lantai (tanah biasa). Pada kolam yang menggunakan pelat lantai, hubungan antara dinding dengan pelat diberi *water stop*.

Ada beberapa tipe dinding yang dapat digunakan untuk konstruksi pintu air, dari bentuk yang paling sederhana berupa konstruksi turap (*sheet pile*) kayu, hingga konstruksi dinding konsol dari beton bertulang (*reinforced concrete*).

Dinding saluran pintu air terdiri dari konsol beton bertulang dengan perkuatan belakang (*counterfort*). Sebelum melakukan perhitungan dinding, harus diketahui dulu kondisi tanahnya dan dalam perhitungan dinding dibagi dalam tiga bagian, yaitu :

1. Bagian tapak (*toe and heel*)
2. Bagian dinding tegak
3. Bagian perkuatan belakang (*counterfort*)

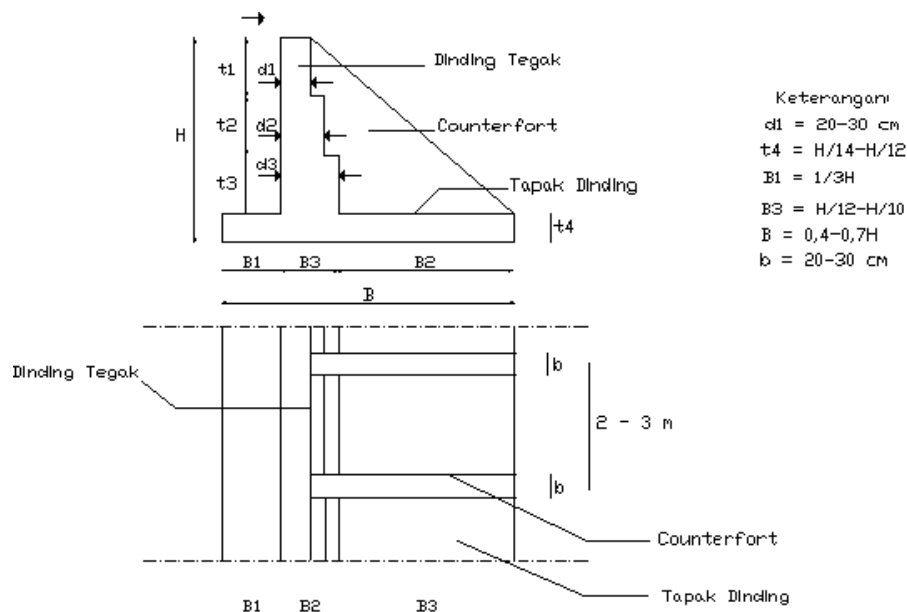
Langkah-langkah perencanaan dinding untuk bangunan pintu air adalah sebagai berikut :

#### 2.5.4.1. Pembebanan Pada Dinding

Dalam perencanaan dimensi dinding, gaya-gaya yang bekerja ditinjau pada saat kamar/ kolam dalam keadaan kosong. Gaya-gaya yang bekerja adalah akibat tekanan tanah aktif, tekanan air tanah, beban merata di atas tanah, dan berat sendiri dinding yang sudah ditentukan dimensinya. Perhitungan terdiri dari beberapa langkah yaitu:

##### ◆ Rencana dimensi dinding

Dimensi dinding direncanakan terlebih dahulu dengan ketentuan seperti gambar berikut :



**Gambar 2.19 Bentuk Rencana Dinding Kolom**



◆ **Perhitungan koefisien tahanan tanah aktif**

Dari boring test dapat diketahui besarnya kohesi (C) dan sudut geser tanah ( $\phi$ ).

$$\text{Rumus : } K_a = \tan^2 (45^\circ - 1/2 \phi) \dots\dots\dots (2.56)$$

◆ **Perhitungan tekanan tanah aktif**

Diperhitungkan dengan permukaan ada beban merata sebesar 1 t/m. Tekanan tanah horisontal pada dinding tegak menggunakan rumus:

$$P_a = q * h * K_a + 1/2 \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2C \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (2.57)$$

dimana :

$P_a$  = tekanan tanah (ton)

$q$  = beban merata = 1 t/m

$K_a$  = koefisien tekanan tanah aktif

$C$  = kohesi

$\gamma$  = berat jenis tanah ( $t/m^3$ )

$h$  = tebal lapisan (m)

◆ **Perhitungan tekanan air tanah**

$$P_w = 1/2 \gamma_w \cdot H^2 \dots\dots\dots (2.58)$$

diamana :

$P_w$  = tekanan air tanah (ton)

$\gamma_w$  = berat jenis air tanah = 1  $t/m^3$

$H$  = tinggi muka air tanah dari dasar dinding (m)

◆ **Perhitungan gaya-gaya vertikal**

Adalah akibat berat tanah dan air tanah di atas tapak dinding serta berat dinding sendiri (diperhitungkan per 1 m lebar).

**2.5.4.2. Kontrol Stabilitas Struktur**

◆ **Terhadap Eksentrisitas**

$$e = 1/2B - (\sum M_p - \sum M_a) / (\sum G) \dots\dots\dots (2.59)$$

dimana :

$\sum M_p$  = jumlah momen pasif (menahan guling) (ton)

$\sum M_a$  = jumlah momen aktif (penyebab guling) (ton)

B = lebar dasar pondasi (m)

E = eksentrisitas (m)

$\sum G$  = jumlah beban (ton)

◆ **Kontrol terhadap Geser**

$$SF = (\sum G \tan \varphi + C.B + \sum P_{pasif}) / \sum H \dots\dots\dots (2.60)$$

$$SF \geq 1,5$$

◆ **Kontrol terhadap Guling**

$$\text{Syarat : } \sum M_p / \sum M_a \geq SF \quad \text{dimana : SF diambil = 2}$$

Jika dinding menggunakan tiang pancang maka tidak dilakukan pemeriksaan terhadap guling.

◆ **Daya Dukung Tanah**

Daya dukung tanah adalah tekanan maksimal yang dapat dipikul oleh tanah tanpa terjadi penurunan (*settlement*).

$$q_{ult} = C.N_c + \gamma.D.N_q + \frac{1}{2}B.N_\gamma \dots\dots\dots (2.61)$$

Diambil nilai kohesi (C) dan sudut geser dalam tanah ( $\varphi$ ) pada lapisan tanah dimana dasar dinding terletak. Menurut *Krizek* nilai factor daya dukung  $N_c$ ,  $N_q$ , dan  $N_\gamma$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$N_c = \frac{228 + 4,3\varphi}{40 - \varphi} ; N_q = \frac{40 + 5\varphi}{40 - \varphi} ; N_\gamma = \frac{6\varphi}{40 - \varphi} \dots\dots (2.62)$$

dimana:

D = dalamnya dasar dinding dari dasar tanah (m)

B = lebar dasar pondasi (m)

$\gamma$  = berat jenis tanah ( $t/m^3$ )

Daya dukung tanah yang diijinkan ditentukan dengan membagi  $q_{ult}$  dengan suatu factor keamanan (SF), yaitu:

$$q_{alt} = q_{ult} / SF \text{ (} t/m^3 \text{); dengan SF = 3 \dots\dots\dots (2.63)}$$

◆ **Kontrol terhadap Gaya Horisontal**

Untuk menahan gaya horisontal akibat tekanan aktif tanah, maka ada dua hal yang diperhitungkan, yaitu:

- Tahanan geser akibat berat sendiri dinding.
- Tekanan tanah pasif dari tiang pancang.

Dilakukan pengecekan satu persatu apakah dari komponen tersebut mampu untuk menahan gaya horisontal.

**2.5.4.3. Perhitungan Bagian Tapak Dinding (*Toe* dan *Heel*)**

Pembebanan untuk pelat kaki dinding ditinjau pada dua bagian yang nantinya akan digunakan dalam mendesain tulangan, yaitu:

◆ Bagian tapak depan (*Toe*)

Pembebanan pada bagian tapak depan (*toe*) adalah berat konstruksi, reaksi tanah dan berat air di atas bagian *toe*. Rumus yang digunakan:

$$q = \sum q_v \text{ (t/m)} \dots\dots\dots (2.64)$$

$$V = \int q \text{ dx (ton)} \dots\dots\dots (2.65)$$

$$M = \int V \text{ dx (tm)} \dots\dots\dots (2.66)$$

◆ Bagian tapak belakang (*Heel*)

Pembebanan pada bagian tapak belakang adalah beban merata di atas tanah, berat konstruksi, reaksi tanah, dan berat air di atasnya. Rumus yang digunakan:

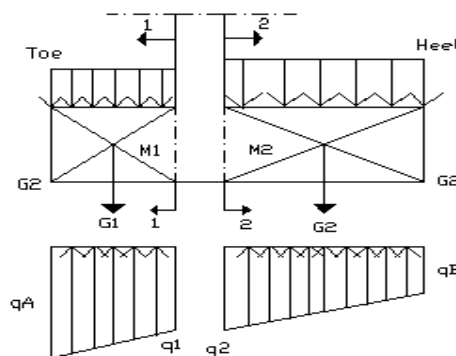
$$q = \sum q_v \text{ (t/m)}$$

$$V = \int q \text{ dx (ton)}$$

$$M = \int V \text{ dx (tm)}$$

dimana:

$\sum q_v$  = jumlah gaya (vertikal) yang bekerja pada bagian tapak dinding



**Gambar 2.20 Gaya yang Bekerja pada Bagian Tapak**

Langkah perhitungan penulangan pekerjaan beton bertulang untuk lantai saluran dengan berdasarkan perhitungan SKSNI 1991 adalah sebagai berikut:

Tebal tapak (H) = direncanakan, dengan lebar pelat tiap satu meter.

Dipakai tulangan rencana = ...mm

Selimut beton ( $d'$ ) = 50 mm

$$d = H - d' - \frac{1}{2}\phi_{\text{tulangan rencana}} \dots\dots\dots (2.67)$$

Mu = (dari hasil perhitungan momen)

$$Mn = Mu / \phi = Mu / 0,8 \dots\dots\dots (2.68)$$

$$K = Mn / (b \cdot d^2 \cdot R1) ; \text{dimana } R1 = \beta_1 \cdot f_c' \dots\dots\dots (2.69)$$

$$F = 1 - \sqrt{1 - 2k} \dots\dots\dots (2.70)$$

$$F_{\text{maks}} = \beta_1 \cdot 450 / (600 + f_y) \dots\dots\dots (2.71)$$

Syarat  $F < F_{\text{maks}}$  (*under reinforced*)

$$As = F \cdot b \cdot d \cdot R1 / F_y \dots\dots\dots (2.72)$$

$$\rho = As / (b \cdot d) ; \text{syarat } \rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}} \dots\dots\dots (2.73)$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y ; \rho_{\text{maks}} = \beta_1 \cdot (450 / (600 + f_y)) \cdot (R1 / f_y) \dots\dots (2.74)$$

$$\text{Luas tulangan bagi} = 20\% \cdot As \dots\dots\dots (2.75)$$

Dari tabel tulangan, dapat diketahui jumlahh tulangan yang diperlukan.

dimana:

d = jarak pelat dari serat teratas sampai pusat tulangan tarik.

$d'$  = jarak tepi serat teratas sampai pusat tulangan tekan.

H = tebal balok.

b = lebar balok.

Mu = momen yang terjadi akibat pembebanan.

Mn = momen yang terjadi akibat factor nominal 0,8

$f_c$  = kuat tekan beton rencana.

$f_y$  = kuat leleh tulangan rencana < 400 Mpa.

R1 = tegangan tekan pada penampang beton.

$\rho$  = ratio luas penampang tulangan terhadap luas penampang efektif.

As = luas penampang tulangan diperlukan.

◆ **Cek Geser Pons ( *Pouchning Shear* )**

$d = H - d'$  (direncanakan)

Untuk kondisi:  $V_u > \phi V_c$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} * b_o * d \dots\dots\dots (2.76)$$

$$A_v = (V_u - \phi V_c) / (\phi * f_y * \sin \alpha) \dots\dots\dots (2.77)$$

$$V_n = (V_c + V_s) \dots\dots\dots (2.78)$$

dimana :

$V_u$  = gaya geser yang terjadi akibat pembebanan

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_c$  = kuat geser beton

$V_s$  = kuat geser tulangan geser

$B_o$  = keliling penampang kritis

$\phi$  = koefisien reduksi

$A_v$  = luas total penampang tulangan miring

◆ **Cek terhadap pengaruh geser lentur:**

$$\tau = \frac{8V}{7bh} \quad \text{dengan syarat : } \tau \leq \tau_b \dots\dots\dots (2.79)$$

dimana :

$V$  = gaya normal (kg)

$q$  = beban merata pada tapak (t/m)

$\tau$  = tegangan geser beban yang terjadi ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\tau_b$  = tegangan geser ijin beton yang terjadi ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

#### 2.5.4.4. Bagian Dinding Tegak

Perhitungan dinding tegak dilakukan dengan cara membagi dinding menjadi beberapa segmen. Hal ini dilakukan untuk menghindari pemborosan dalam penggunaan material, karena bagian-bagian dinding tegak dalam menahan tekanan tanah horizontal dan air tanah tidak sama besar (makin ke bawah makin besar).

Langkah-langkah perhitungannya:

- Menghitung pembebanan pelat dinding tegak.

- Segmen atas dan tengah diasumsikan dengan pelat terjepit di kedua sisinya.
  - Segmen bawah diasumsikan pelat terjepit tiga sisi.
  - Menghitung momen tumpuan dan momen lapangan yang terjadi :
- $$M_{lap} = k_1 \cdot q \cdot l^2 ; M_{tump} = k_2 \cdot q \cdot l^2 \dots\dots\dots (2.80)$$
- dimana  $k_1, k_2$  adalah koefisien yang besarnya tergantung pada perbandingan panjang dan lebar bentang.
- Menghitung tulangan tumpuan dan lapangan (analog dengan perhitungan tulangan pelat tapak).

#### 2.5.4.5. Bagian Perkuatan Belakang (*Counterfort*)

Perkuatan belakang dinding diperhitungkan sebagai balok pengaku dinding tegak dengan tumpuan.

Cara perhitungan tulangan :

- Menghitung beban yang bekerja.  
Beban terdiri dari beban merata di atasnya, berat konstruksi, berat tanah, dan berat air.
- Menghitung momen yang terjadi berdasarkan jenis tumpuan dan panjang bentang.  
Momen yang terjadi merupakan jumlah dari momen tiap-tiap beban dari pusat beban bekerja terhadap titik berat *counterfort*.
- Menghitung jumlah tulangan lentur yang dibutuhkan.

$M_u$  = (dari hasil perhitungan momen)

$M_n = M_u / \phi = M_u / 0,8$

$K = M_n / (b \cdot d^2 \cdot R_1)$  ; dimana  $R_1 = \beta_1 \cdot f_c'$

$F = 1 - \sqrt{1 - 2k}$

$F_{maks} = \beta_1 \cdot 450 / (600 + f_y)$

Syarat  $F < F_{maks}$  (*under reinforced*)

$A_s = F \cdot b \cdot d \cdot R_1 / F_y$

$\rho = A_s / (b \cdot d)$  ; syarat  $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

Perhitungan tulangan horizontal:  $A_s = \Sigma H / f_y \dots\dots\dots (2.81)$

Perhitungan tulangan vertical:  $A_s = \Sigma G / f_y \dots\dots\dots (2.82)$

**2.5.5. Pelat dan Balok Lantai**

Pertimbangan digunakan atau tidaknya pelat lantai pada kamar tergantung rembesan yang terjadi. Rembesan yang diperhitungkan adalah rembesan air di bawah tanah yang dapat mengakibatkan penggerusan terhadap lantai. Sedangkan untuk rembesan ke samping tidak diperhitungkan karena bangunan kamar telah menggunakan dinding kedap air (beton).

Perhitungan rembesan ini adalah untuk memeriksa apakah panjang (Lh) konstruksi lantai pada gerbang mencukupi atau tidak dari pengaruh penggerusan dengan berdasarkan teori Lane seperti berikut:

$$C = \frac{1/3 \cdot L_H + L_V}{H} > \bar{C} \dots\dots\dots (2.83)$$

dimana:

C = panjang rembesan

L<sub>H</sub> = panjang total segmen horizontal

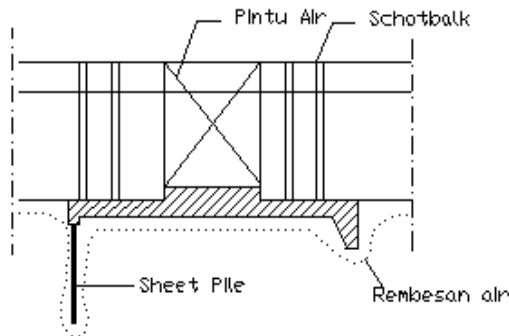
L<sub>V</sub> = panjang total segmen vertical

H = beda tinggi air ekstrim

$\bar{C}$  = koefisien Lane, untuk jenis tanah lanau + pasir = 8,5

maka:

$$L_h = 3 (C_H - L_V) \dots\dots\dots (2.84)$$



**Gambar 2.21 Rembesan Air pada Pintu Air**

Apabila tidak terjadi rembesan ke lantai kamar maka tidak diperlukan pelat lantai tetapi cukup dengan tanah asli, sedangkan apabila terjadi rembesan maka diperlukan pelat lantai.

Pada perencanaan konstruksi pelat/ balok lantai pintu air ada dua alternatif yang dapat dipakai sebagai pilihan, yaitu:

- a. Dinding dan lantai merupakan konstruksi yang terpisah.
- b. Dinding dan lantai merupakan satu kesatuan konstruksi.

Direncanakan konstruksi dinding dan lantai menjadi satu kesatuan (*monolith*) dengan pertimbangan untuk menghindari persambungan yang dapat menjadi penyebab kebocoran.

Yang perlu diperhitungkan pada perencanaan konstruksi pelat dan balok lantai pintu air adalah sebagai berikut:

#### 2.5.5.1. Perhitungan Dimensi Pelat Lantai

Pembebanan diperhitungkan terhadap dua kondisi:

##### ◆ Kondisi 1

Perhitungan pelat lantai pada saat kamar kosong air (kondisi ekstrim). Pada kondisi ini beban yang bekerja pada pelat adalah:

- Beban akibat berat sendiri pelat.
- Gaya *Up Lift* akibat tekanan air tanah samping dinding yang diteruskan ke pelat lantai.

##### ◆ Kondisi 2

Perhitungan pada pelat lantai pada saat kamar penuh air. Pada keadaan ini beban yang bekerja pada pelat adalah:

- Beban akibat berat sendiri pelat.
- Berat air dalam kamar.
- Gaya *Up Lift* akibat tekanan hidrostatik (*Hydrostatic Pressure*).

Langkah-langkah perhitungan lantai kamar:

- Menghitung Pembebanan pada dua kondisi.
- Menghitung momen untuk pelat terjepit empat sisi, yaitu momen tumpuan dan lapangan.

$$M_{lap} = k_1 \cdot q \cdot l^2 ; M_{tump} = k_2 \cdot q \cdot l^2$$

- Mencari jumlah tulangan yang dibutuhkan (analog dengan perhitungan tulangan palat di atas).



### 2.5.5.2. Perhitungan Dimensi Balok lantai

Langkah-langkah perhitungan:

- ◆ Menghitung pembebanan, mencari momen maksimum akibat beban.
- ◆ Mencari tulangan dengan melihat peraturan SKSNI 1991

Dimensi balok lebar (B) dan tinggi (H) = direncanakan.

Dipakai tulangan rencana = ...mm

Selimut beton ( $d'$ ) = 50 mm

$d = H - d' - \frac{1}{2} \phi$  tulangan.

$M_u$  = (dari hasil perhitungan momen)

$M_n = M_u / \phi = M_u / 0,8$

$K = M_n / (b \cdot d^2 \cdot R_1)$ ; dimana  $R_1 = \beta_1 \cdot f_c$

$F = 1 - \sqrt{1 - 2k}$

$F_{maks} = \beta_1 \cdot 450 / (600 + f_y)$

Syarat  $F < F_{maks}$  (*under reinforced*)

$A_s = F \cdot b \cdot d \cdot R_1 / F_y$

$\rho = A_s / (b \cdot d)$ ; syarat  $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$ ;

$\rho_{min} = 1,4 / f_y$ ;  $\rho_{maks} = \beta_1 \cdot (450 / (600 + f_y)) \cdot (R_1 / f_y)$

Luas tulangan bagi = 20%.  $A_s$

Dari table tulangan dapat diketahui jumlah tulangan yang diperlukan.

dimana :

$d$  = jarak pelat dari serat teratas sampai pusat tulangan tarik.

$d'$  = jarak tepi serat teratas sampai pusat tulangan tekan.

H = tebal balok.

b = lebar balok.

$M_u$  = momen yang terjadi akibat pembebanan.

$M_n$  = momen yang terjadi akibat factor nominal 0,8.

$f_c$  = kuat tekan beton rencana.

$f_y$  = kuat leleh tulangan rencana < 400 Mpa.

$R_1$  = tegangan tekan pada penampang beton.

$\rho$  = ratio luas penampang tulangan terhadap luas penampang efektif.

$A_s$  = luas penampang tulangan diperlukan.

- ◆ Perhitungan tulangan geser pada balok:

$$V_n = V_u / 0,6 \dots\dots\dots (2.85)$$

$$V_c = 0,17b.d.\sqrt{f_c} \dots\dots\dots (2.86)$$

Jika  $V_u < 0,6V_c/2$  (tidak perlu tulangan geser).

Jika  $V_u > 0,6V_c/2$  (perlu tulangan geser).

$$\text{Tulangan geser perlu: } A_v = (V_n - V_c).s/(d.f_y) \dots (2.87)$$

$$\text{Tulangan geser minimum: } A_v = b.s/(3f_y) \dots\dots\dots (2.88)$$

Jarak spasi sengkang maksimal  $s < d/2$

dimana :

$V_u$  = gaya lintang pada balok akibat beban.

$V_n$  = gaya lintang terfaktor.

$V_c$  = kuat geser yang disumbangkan beton.

$A_v$  = luas tulangan geser.

$s$  = spasi antar tulangan geser.

## 2.6. KONSTRUKSI PONDASI

### A. Pondasi Menerus

Perencanaan struktur pondasi didasarkan pada momen dan tegangan geser yang terjadi akibat tegangan sentuh antara dasar pondasi dan tanah. Dalam analisis dianggap bahwa pondasi sangat kaku dan tekanan pondasi didistribusikan secara linier pada dasar pondasi. Persamaan umum daya dukung untuk pondasi menerus adalah:

$$q_{ult} = c.N_c + D'\gamma.N_q + 0,5.B.\gamma.N_\gamma$$

dimana:

$D$  = dalamnya dasar dinding dari dasar tanah (m).

$B$  = lebar dasar pondasi (m).

$N_c, N_q, N_\gamma$  = koefisien daya dukung Terzaghi.

$\gamma$  = berat jenis tanah.

## B. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang dipergunakan dengan pertimbangan antara lain: apabila kondisi tanah dasar jelek (daya dukung tanah kecil) untuk memikul beban konstruksi di atasnya, letak tanah keras jauh dari permukaan tanah, dan untuk stabilitas konstruksi di atas permukaan tanah dari pengaruh gaya angkat (*up lift*).

Pada perencanaan ini, lokasi bangunan “Saluran Pintu Air” terletak di daerah Kudus yang mempunyai daya dukung tanah kecil dan muka air tanah yang tinggi. Sehingga akan lebih tepat apabila digunakan pondasi tiang pancang yang dapat menjaga stabilitas konstruksi pada daerah ini.

Penentuan dimensi tiang pancang didasarkan pada sondir di lokasi tanah perencanaan (data tanah didapat dari hasil penyelidikan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Diponegoro).

### 2.6.1. Daya Dukung Tiang Terhadap Kekuatan Tanah (menahan beban)

Untuk menghitung daya dukung tanah pada pondasi tiang pancang digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{q_c \cdot xA}{3} + \frac{cxOxl}{5} \dots\dots\dots (2.89)$$

dimana:

$Q_{\text{tiang}}$  = daya dukung tiang (ton).

$A$  = luas penampang beton tiang tanpa tulangan ( $\text{cm}^2$ )

$O$  = keliling tiang (cm).

$l$  = panjang tiang pancang (cm).

$q_c$  = nilai conus padakedalaman tanah keras ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$c$  = harga cleef rata-rata ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

3 & 5 = angka keamanan.

Sehingga beban yang dapat dipikul tiang pancang ( $Q$ ) harus memenuhi syarat:

$$Q \leq P_{\text{tiang}} \text{ dan } Q \leq Q_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (2.90)$$

**2.6.2. Daya Dukung Tiang Terhadap Kekuatan Bahan (Menahan Up Lift)**

Rumus:  $P_{\text{tiang}} = \tau_b \cdot A_{\text{tiang}}$  ..... (2.91)

dimana:

$\tau_b$  = tegangan tekan karakteristik beton ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$P_{\text{tiang}}$  = daya dukung ijin tiang pancang (ton).

$A_{\text{tiang}} = A_b + n \cdot A_s$  ( $\text{cm}^2$ ).

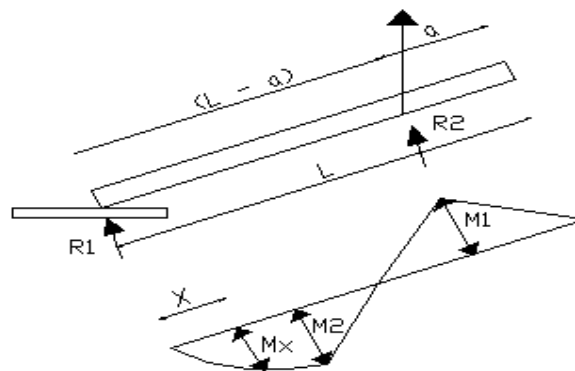
$A_b$  = luas penampang beton tiang ( $\text{cm}^2$ ).

$A_s$  = luas penampang tulangan pokok tiang pancang ( $\text{cm}^2$ ).

$n$  = angka ekuivalensi.

**2.6.3. Perhitungan Tulangan Tiang Pancang**

Perhitungan tulangan untuk tiang pancang direncanakan berdasarkan momen yang terjadi pada saat pelaksanaan pemancangan (momen yang terbesar).



**Gambar 2.22 Kondisi Saat Pemancangan Tiang pancang**

Pengangkatan pada saat pemancangan:

$M_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2$  ..... (2.92)

$R_1 = \frac{1}{2} q(L-a) - (\frac{1}{2}q \cdot a^2)/(L-a)$   
 $= \frac{1}{2} q(L-a) - \frac{1}{2} (q \cdot a^2)/(L-a)$  ..... (2.93)

$M_x = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot x^2$  ..... (2.94)

Syarat ekstrim:  $\frac{dM_x}{Dx} = 0$  ..... (2.95)

$R_1 - q \cdot x = 0$  ..... (2.96)

$$X = \frac{R_1}{q} = \frac{L^2 - 2aL}{2(L - a)} \dots\dots\dots(2.97)$$

Karena  $M_1 = M_2$ , maka:

$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{2} q \left\{ \frac{L^2 - 2aL}{2(L - a)} \right\}; \quad a = 2a^2 - 4aL + L^2 = 0$$

$$a = 0,29L \dots\dots\dots (2.98)$$

$$\text{Jadi besarnya } M_1 = M_2 = \frac{1}{2} q (0,29L)^2 \dots\dots\dots (2.99)$$

Perhitungan tulangan tiang pancang dilakukan menurut SKSNI 1991:

Menentukan diameter dan panjang tiang serta tulangan rencananya

= ... mm

Selimit beton ( $d'$ ) = 50 mm

$$d = \emptyset_{\text{tiang pancang}} - d' - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan}}$$

$M_u$  = (dari hasil perhitungan momen akibat berat sendiri tiang)

$$M_n = M_u / \phi = M_u / 0,8$$

$$K = M_n / (b \cdot d^2 \cdot R_1); \text{ dimana } R_1 = \beta_1 \cdot f_c'$$

$$F = \beta_1 \cdot 450 / (600 + f_y)$$

Syarat  $F < F_{\text{maks}}$  (*under reinforced*)

$$A_s = F \cdot b \cdot d \cdot R_1 / f_y$$

$$\rho = A_s / (b \cdot d)$$

Syarat  $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y \quad ; \quad \rho_{\text{maks}} = \beta_1 (450 / (600 + f_y)) \cdot (R_1 / f_y)$$

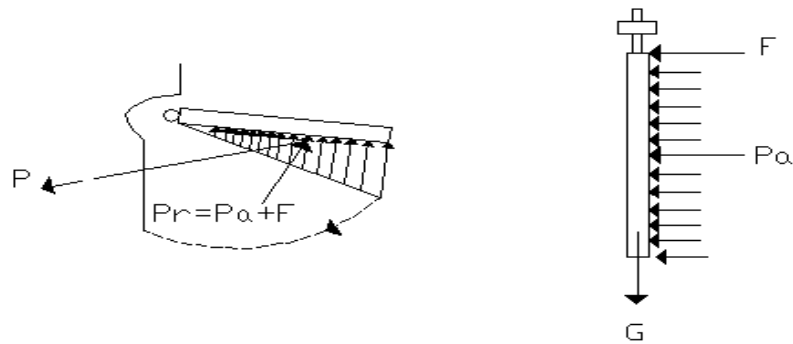
## 2.7. GAYA-GAYA PADA PINTU GERBANG

Pintu gerbang dapat dibuka/ ditutup apabila muka air di sebelah hulu dan sebelah hilir pintu gerbang elevasinya sama. Dengan memperhatikan dimensi pintu gerbang yang relatif kecil, maka operasi penutupan/ pembukaan pintu gerbang hanya menggunakan alat penarik yang digerakkan oleh tangan manusia.

Prinsip-prinsip perhitungan gaya-gaya yang bekerja:

- ◆ Perhitungan ini didasarkan pada prinsip benda yang mempunyai bidang yang terkena aliran air dengan suatu kecepatan ( $v$ ) tertentu.
- ◆ Air yang ada dianggap dalam keadaan diam/ tidak mengalir, sedangkan yang bergerak adalah pintu gerbangnya, maka kecepatan penutupan/ pembukaan pintu gerbang dianggap sebagai air yang mengalir.

- ◆ Engsel pintu dianggap licin, sehingga tidak dipengaruhi gaya gesekan.



Gambar 2.23 Pengoperasian Pintu Gerbang

**2.7.1. Menentukan Gaya untuk Pengoperasian Pintu**

$$F = m.a \dots\dots\dots (2.100)$$

dimana:

$F$  = Gaya tarik/ dorong yang sebanding dengan massa pintu dikalikan percepatan (kg).

$m$  = massa pintu gerbang (kg.dt<sup>2</sup>/m).

$a$  = percepatan gerak pintu (m/dt).

**2.7.2. Tekanan Air pada Pintu**

$$P_a = \frac{1}{2}.k.v.L.H \dots\dots\dots (2.101)$$

dimana:

$P_a$  = tekanan air (ton).

$k$  = factor yang tergantung pada bentuk bidang permukaan benda yang terkena aliran.

= 0,07 (untuk bidang penampang datar).

$v$  = kecepatan pembukaan/ penutupan pintu gerbang (m/dt)

$L$  = lebar pintu (m).

$H$  = tinggi tekanan hidrostatik (m).

**2.7.3. Perhitungan Kabel Baja penarik**

$$F = \frac{P}{\sigma} \dots\dots\dots (2.102)$$

dimana:

$F$  = luas penampang kabel baja ( $\text{cm}^2$ )

$P$  = gaya penarik pintu (kg)

$\sigma$  = tegangan tarik baja ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

#### 2.7.4. Perhitungan Tongkat Baja Pendorong

Digunakan tongkat baja bundar diameter rencana = ...cm

- menentukan momen inersia penampang

$$I_{\min} = I_y = I_x = (1/64).\pi.d^2 \quad (\text{cm}^4) \dots\dots\dots (2.103)$$

dimana:

$I_{\min}$  = momen inersia minimum ( $\text{cm}^4$ )

$d$  = diameter tongkat baja (cm)

- menentukan jari-jari inersia minimum penampang

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} \dots\dots\dots (2.104)$$

dimana:

$i_{\min}$  = jari-jari inersia minimum penampang (cm)

$A$  = luas penampang tongkat baja ( $\text{cm}^2$ )

- menentukan besarnya faktor tekuk

$$\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}} \dots\dots\dots (2.105)$$

dimana:

$\lambda$  = factor tekuk

$Lk$  = panjang tekuk

- cek terhadap tegangan tekuk

$$\frac{P * n}{A} = \sigma_i \leq \sigma_{ijin} \dots\dots\dots (2.106)$$

dimana:  $n$  = angka keamanan

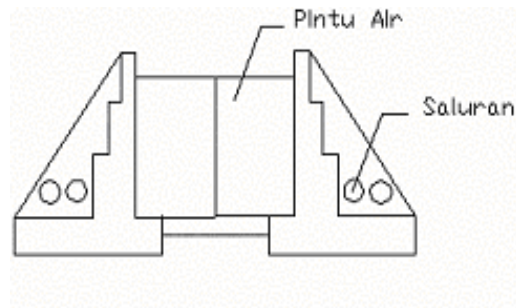
## 2.8. PENGISIAN DAN PENGOSONGAN KAMAR

Pekerjaan pengisian atau pengosongan kamar adalah salah satu komponen dalam pengoperasian pintu air yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan elevasi muka air dalam kamar.

Pekerjaan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor:

- ◆ Susunan/ ukuran pipa saluran pada dinding.
- ◆ Pengoperasian pintu gerbang.

Direncanakan pengisian atau pengosongan kamar hanya menggunakan pipa saluran (*conduits*) dimana lubang saluran hanya berada pada tiap sisi gerbang. Hal yang perlu diperhatikan pada pekerjaan ini adalah efek turbulensi pada saat pengoperasian dari pengisian dan pengosongan yang dapat menimbulkan bahaya pada kapal.



**Gambar 2.24 Saluran Pengisian/ Pengosongan pada Dinding**

### 2.8.1. Waktu Pengisian dan Pengosongan

Waktu pengisian dan pengosongan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi atau mengurangi air pada kamar melalui pipa saluran.

Rumus perhitungan waktu tersebut adalah sebagai berikut:

$$T = \frac{2 * Fk * \sqrt{h}}{\mu * a * \sqrt{2g}} \dots\dots\dots (2.107)$$

dimana:

T = waktu pengisian atau pengosongan (detik)

h = beda ketinggian muka air (m)

$\mu$  = koefisien pengeluaran melalui saluran = 0,62

Fk = luas saluran keseluruhan = W x L (m<sup>2</sup>)

a = luas penampang pipa pengisian/ pengosongan (m<sup>2</sup>)

g = gravitasi = 9,8 m/dt<sup>2</sup>

Dengan menentukan atau memperkirakan kebutuhan waktu pengisian atau pengosongan kamar (T) yang tergantung dari volume air



yang akan dipindahkan, maka akan dapat diketahui diameter pipa saluran (*conduits*) yang dibutuhkan.

### 2.8.2. Perhitungan Pelat Pipa Saluran Pengisian dan Pengosongan

Pintu berupa pelat persegi panjang yang bertumpu pada ke empat sisinya pada balok vertikal dan horisontal dan ketebalan pelat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{\text{maks}} = \frac{1}{2} * k * P * \frac{a^2 b^2}{(a^2 + b)^2 * t^2} \dots\dots\dots (2.108)$$

dimana:

$\sigma$  = tegangan baja yang diijinkan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

k = koefisien kondisi tumpuan:  $k = 0,08$  (muatan tetap)

a = lebar pelat (mm)

b = panjang pelat (mm)

P = tekanan air ( $\text{t}/\text{m}^2$ )

t = tebal pelat penutup pintu (mm)

## 2.9. DEWATERING

Pekerjaan *dewatering* pada pembangunan saluran pintu air ini dimaksudkan untuk mengurangi ketinggian muka air tanah yang terjadi di lokasi pekerjaan selama pekerjaan tersebut berlangsung yang dapat mengganggu jalannya pekerjaan konstruksi dan keamanan pelaksanaan pekerjaan. Pekerjaan *dewatering* dilakukan dengan pompa air bertenaga diesel yang disesuaikan dengan tinggi muka air yang harus dikurangi.

### ◆ Langkah Perhitungan

Perhitungan *dewatering* dilakukan hanya untuk menurunkan muka air di sekitar galian dengan memasang sumur-sumur pompa di sekeliling galian untuk memompa air keluar dari tanah, hingga muka air tanah berada di bawah galian. Ketinggian muka air tanah yang diinginkan adalah  $-1,5$  m di bawah galian.

Dari jenis tanah yang ada kita bias mengetahui luas bagian yang terkena pengaruh akibat sebuah sumur pompa dan nilai koefisien permeabilitas tanahnya.

◆ Perhitungan

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$s = - \frac{Q_0}{2\pi \cdot k \cdot H} \ln\left(\frac{r}{R}\right) \dots\dots\dots (2.109)$$

dimana:

$s$  = draw down (m)

$Q_0$  = debit sumur (m<sup>3</sup>/dt)

$r$  = jarak titik terhadap sumur (m)

$k$  = koefisien permeabilitas (m/dt)

$H$  = tebal lapisan equifer (m)

$R$  = jari-jari pengaruh (m) = 3000. $S_w \cdot k$ <sup>1/2</sup>

$k$  = permeabilitas tanah (m/dt)

$S_w$  = tinggi penurunan muka air rencana (m)

Dari perhitungan rumus di atas akan didapat debit sumur dan debit pompa yang dibutuhkan. Setelah debit pompa didapat, dihitung kembali besarnya *draw down* yang terjadi.