

---

---

## BAB VI

### PERENCANAAN KONSTRUKSI

#### 6.1 TINJAUAN UMUM

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan bab sebelumnya, detail desain untuk penanganan genangan banjir dan rob di Bandar Udara Ahmad Yani Semarang, ada beberapa hal penyelesaian permasalahan yang bisa dilakukan antara lain :

1. Pembuatan kolam penampungan (*Pond*) disebelah utara Bandar Udara Ahmad Yani dengan luas 10 ha, disebelah timur Bandara Ahmad Yani dengan luas 0,36 ha yang fungsinya untuk menampung air disekitar Bandara dan mengalirkannya ke Sungai Siangker dengan sistem pompa karena elevasi dasar Sungai Siangker lebih tinggi dari elevasi dasar drainase Bandara Ahmad Yani.
2. Peninggian tanggul pada drainase yang menghubungkan antara *Pond* I dan *Pond* II menuju Sungai Siangker yang bertujuan untuk mencegah masuknya air rob ke wilayah sekitar Bandara yang melalui Sungai Siangker.

#### 6.2 DETAIL DESAIN DRAINASE BANDAR UDARA AHMAD YANI

Desain drainase Bandar Udara Ahmad Yani direncanakan menggunakan tiga bentuk penampang saluran yaitu saluran persegi tertutup, saluran persegi terbuka, dan saluran trapesium.

##### 6.2.1 Stabilitas Dinding Saluran Persegi Tertutup

Pada saluran yang berbentuk persegi tertutup, dinding saluran terbuat dari pasangan batu kali, semacam dinding penahan tanah, dan bagian atas tertutup oleh plat beton bertulang, serta pondasinya ditopang dengan pondasi trucus bambu.

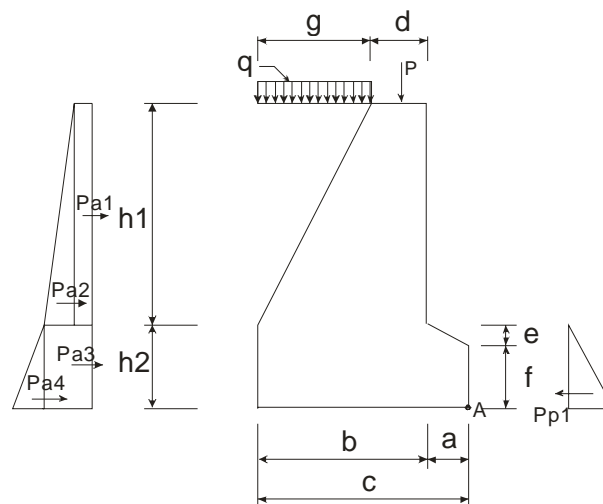


1. Perencanaan Saluran Persegi Tertutup Tipe I

a. Data Saluran

Tabel 6.1 Data Saluran Persegi Tertutup Tipe I

Drainase	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)	f (m)	g (m)	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	T plat (m)	B sal (m)
C_01	0,25	0,55	0,80	0,30	0,10	0,30	0,25	1,00	0,40	0,30	1,20
C_07	0,20	0,55	0,75	0,30	0,10	0,30	0,25	1,00	0,40	0,40	2,00
C_08	0,20	0,60	0,80	0,30	0,20	0,30	0,30	1,50	0,50	0,40	3,50
C_28	0,20	0,55	0,75	0,30	0,10	0,30	0,25	1,00	0,40	0,40	1,50
C_04, C_14	0,15	0,55	0,70	0,30	0,10	0,20	0,25	0,90	0,30	0,30	1,00
C_18, C_30	0,20	0,55	0,75	0,30	0,10	0,30	0,25	1,00	0,40	0,30	2,00
C_20, C_21	0,20	0,60	0,80	0,30	0,20	0,30	0,30	1,50	0,50	0,30	3,00
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,20	0,60	0,80	0,30	0,10	0,30	0,30	1,00	0,40	0,30	1,00



Gambar 6.1 Penampang Melintang Dinding Saluran Persegi Tertutup Tipe I

b. Data Tanah

Tabel 6.2 Data Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe I

Notasi	Besaran	Satuan
C <sub>1</sub>	1,810	ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>1</sub>	1,694	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>b</sub>	2,200	ton/m <sup>3</sup>
φ <sub>1</sub>	7,460	deg



### c. Data Pembebanan

$$P = \frac{T_{\text{plat}} \cdot B_{\text{sal}} \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot 1\text{m}}{2}$$

Dimana :

P = Beban terpusat akibat beban plat beton bertulang (ton)

$T_{\text{plat}}$  = Tebal plat beton bertulang (m)

$B_{\text{sal}}$  = Lebar saluran (m)

$\gamma_{\text{beton}}$  = Berat jenis beton bertulang ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

**Tabel 6.3 Data Pembebanan Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	q ( $\text{ton}/\text{m}^2$ )	P (ton)
C_01	0,600	0,396
C_07	0,600	0,880
C_08	0,600	1,540
C_28	0,600	0,660
C_04, C_14	0,600	0,330
C_18, C_30	0,600	0,660
C_20, C_21	0,600	0,990
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,600	0,330

### d. Koefisien Tekanan Tanah

$$K_a = \tan\left(45 \text{ deg} - \frac{\varphi_1}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45 \text{ deg} + \frac{\varphi_1}{2}\right)^2$$

Dimana :

$K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif

$K_p$  = Koefisien tekanan tanah pasif

$\varphi_1$  = Sudut geser dalam tanah lapisan satu (deg)

**Tabel 6.4 Koefisien Tekanan Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Notasi	Besaran
$K_{a1}$	0,770
$K_p$	1,227
$\sqrt{K_{a1}}$	0,878
$\sqrt{K_p}$	1,108



**e. Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal**

❖ Tegangan tanah :

$$\tau_{a1} = q.Ka_1$$

$$\tau_{a2} = (\gamma_1.h_1.Ka_1) - (2.C_1.\sqrt{Ka_1})$$

$$\tau_{a3} = ((q + (\gamma_1.h_1)).Ka_1) - (2.C_1.\sqrt{Ka_1})$$

$$\tau_{a4} = (\gamma_1.h_2.Ka_1) - (2.C_1.\sqrt{Ka_1})$$

$$\tau_{p1} = (\gamma_1.h_2.Kp) + (2.C_1.\sqrt{Kp})$$

❖ Tekanan tanah horisontal :

$$Pa_1 = \tau_{a1}.h_1$$

$$Pa_2 = \tau_{a2}.h_1.0,5$$

$$Pa_3 = \tau_{a3}.h_2$$

$$Pa_4 = \tau_{a4}.h_2.0,5$$

$$Pp_1 = \tau_{p1}.h_2.0,5$$

**Tabel 6.5 Tegangan Tanah Horisontal Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Tegangan Tanah				
	$\tau_{a1}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{a2}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{a3}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{a4}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{p1}$ (ton/m <sup>2</sup> )
C_01	0,462	-1,874	-1,412	-2,657	4,842
C_07	0,462	-1,874	-1,412	-2,657	4,842
C_08	0,462	-1,222	-0,760	-2,526	5,050
C_28	0,462	-1,874	-1,412	-2,657	4,842
C_04, C_14	0,462	-2,004	-1,542	-2,787	4,635
C_18, C_30	0,462	-1,874	-1,412	-2,657	4,842
C_20, C_21	0,462	-1,222	-0,760	-2,526	5,050
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,462	-1,874	-1,412	-2,657	4,842

**Tabel 6.6 Tekanan Tanah Horisontal Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Tekanan Tanah Horisontal						
	Pa <sub>1</sub> (ton)	Pa <sub>2</sub> (ton)	Pa <sub>3</sub> (ton)	Pa <sub>4</sub> (ton)	Pp <sub>1</sub> (ton)	Pa total (ton)	Pp total (ton)
C_01	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,462	-3,002
C_07	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,462	-3,002
C_08	0,693	-0,916	-0,380	-0,632	-1,263	0,693	-3,190
C_28	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,462	-3,002
C_04, C_14	0,416	-0,902	-0,463	-0,418	-0,695	0,416	-2,478



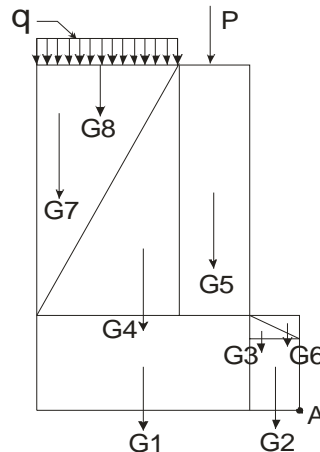
C_18, C_30	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,462	-3,002
C_20, C_21	0,693	-0,916	-0,380	-0,632	-1,263	0,693	-3,190
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,462	-3,002

**f. Momen Guling**

**Tabel 6.7 Momen Guling Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Lengan					Momen					
	Pa <sub>1</sub> (m)	Pa <sub>2</sub> (m)	Pa <sub>3</sub> (m)	Pa <sub>4</sub> (m)	Pp <sub>1</sub> (m)	Ma <sub>1</sub> (ton m)	Ma <sub>2</sub> (ton m)	Ma <sub>3</sub> (ton m)	Ma <sub>4</sub> (ton m)	Mp <sub>1</sub> (ton m)	ΣMGH (ton m)
C_01	0,900	0,733	0,200	0,133	0,133	0,416	-0,687	-0,113	-0,071	-0,129	-0,584
C_07	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,416	-0,687	-0,113	-0,071	-0,129	-0,584
C_08	0,693	-0,916	-0,380	-0,632	-1,263	0,866	-0,916	-0,095	-0,105	-0,210	-0,461
C_28	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,416	-0,687	-0,113	-0,071	-0,129	-0,584
C_04, C_14	0,416	-0,902	-0,463	-0,418	-0,695	0,312	-0,541	-0,069	-0,042	-0,070	-0,410
C_18, C_30	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,416	-0,687	-0,113	-0,071	-0,129	-0,584
C_20, C_21	0,693	-0,916	-0,380	-0,632	-1,263	0,866	-0,916	-0,095	-0,105	-0,210	-0,461
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,462	-0,937	-0,565	-0,531	-0,968	0,416	-0,687	-0,113	-0,071	-0,129	-0,584

**g. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan**



**Gambar 6.2 Diagram Gaya Vertikal Dinding Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

**Tabel 6.8 Luas Bidang Gaya Vertikal Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Luas							
	G1 (m <sup>2</sup> )	G2 (m <sup>2</sup> )	G3 (m <sup>2</sup> )	G4 (m <sup>2</sup> )	G5 (m <sup>2</sup> )	G6 (m <sup>2</sup> )	G7 (m <sup>2</sup> )	G8 (m <sup>2</sup> )
C_01	0,220	0,075	0,013	0,125	0,300	0,013	0,000	0,250
C_07	0,220	0,060	0,010	0,125	0,300	0,010	0,000	0,250
C_08	0,300	0,060	0,020	0,225	0,450	0,020	0,000	0,300
C_28	0,220	0,060	0,010	0,125	0,300	0,010	0,000	0,250
C_04, C_14	0,165	0,030	0,008	0,113	0,270	0,008	0,000	0,250
C_18, C_30	0,220	0,060	0,010	0,125	0,300	0,010	0,000	0,250



C_20, C_21	0,300	0,060	0,020	0,225	0,450	0,020	0,000	0,300
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,240	0,060	0,010	0,150	0,300	0,010	0,000	0,300

**Tabel 6.9 Berat Jenis Bahan Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Berat Jenis							
	G1 (ton/m <sup>3</sup> )	G2 (ton/m <sup>3</sup> )	G3 (ton/m <sup>3</sup> )	G4 (ton/m <sup>3</sup> )	G5 (ton/m <sup>3</sup> )	G6 (ton/m <sup>3</sup> )	G7 (ton/m <sup>3</sup> )	G8 (ton/m <sup>3</sup> )
C_01	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_07	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_08	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_28	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_04, C_14	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_18, C_30	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_20, C_21	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600

**Tabel 6.10 Gaya Vertikal Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Gaya Vertikal									
	Gv <sub>1</sub> (ton)	Gv <sub>2</sub> (ton)	Gv <sub>3</sub> (ton)	Gv <sub>4</sub> (ton)	Gv <sub>5</sub> (ton)	Gv <sub>6</sub> (ton)	Gv <sub>7</sub> (ton)	Gv <sub>8</sub> (ton)	P (ton)	ΣGv (ton)
C_01	0,484	0,165	0,028	0,275	0,660	0,019	0,000	0,150	0,396	2,177
C_07	0,484	0,132	0,022	0,275	0,660	0,015	0,000	0,150	0,880	2,618
C_08	0,660	0,132	0,044	0,495	0,990	0,031	0,000	0,180	1,540	4,072
C_28	0,484	0,132	0,022	0,275	0,660	0,015	0,000	0,150	0,660	2,398
C_04, C_14	0,363	0,066	0,017	0,248	0,594	0,011	0,000	0,150	0,330	1,778
C_18, C_30	0,484	0,132	0,022	0,275	0,660	0,015	0,000	0,150	0,660	2,398
C_20, C_21	0,660	0,132	0,044	0,495	0,990	0,031	0,000	0,180	0,990	3,522
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,528	0,132	0,022	0,330	0,660	0,015	0,000	0,180	0,330	2,197

**Tabel 6.11 Lengan Momen Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Lengan Momen								
	Gv <sub>1</sub> (m)	Gv <sub>2</sub> (m)	Gv <sub>3</sub> (m)	Gv <sub>4</sub> (m)	Gv <sub>5</sub> (m)	Gv <sub>6</sub> (m)	Gv <sub>7</sub> (m)	Gv <sub>8</sub> (m)	P (m)
C_01	0,525	0,125	0,167	0,633	0,400	0,083	0,717	0,675	0,400
C_07	0,475	0,100	0,133	0,583	0,350	0,067	0,667	0,625	0,350
C_08	0,500	0,100	0,133	0,600	0,350	0,067	0,700	0,650	0,350
C_28	0,475	0,100	0,133	0,583	0,350	0,067	0,667	0,625	0,350
C_04, C_14	0,425	0,075	0,100	0,533	0,300	0,050	0,617	0,575	0,300
C_18, C_30	0,475	0,100	0,133	0,583	0,350	0,067	0,667	0,625	0,350
C_20, C_21	0,500	0,100	0,133	0,600	0,350	0,067	0,700	0,650	0,350
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,500	0,100	0,133	0,600	0,350	0,067	0,700	0,650	0,350



**Tabel 6.12 Momen Tahanan Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Momen Tahanan									
	MG <sub>v1</sub> (ton m)	MG <sub>v2</sub> (ton m)	MG <sub>v3</sub> (ton m)	MG <sub>v4</sub> (ton m)	MG <sub>v5</sub> (ton m)	MG <sub>v6</sub> (ton m)	MG <sub>v7</sub> (ton m)	MG <sub>v8</sub> (ton m)	MG <sub>p</sub> (ton m)	∑MG <sub>v</sub> (ton m)
C_01	0,254	0,021	0,005	0,174	0,264	0,002	0,000	0,101	0,158	0,979
C_07	0,230	0,013	0,003	0,160	0,231	0,001	0,000	0,094	0,308	1,040
C_08	0,330	0,013	0,006	0,297	0,347	0,002	0,000	0,117	0,539	1,651
C_28	0,230	0,013	0,003	0,160	0,231	0,001	0,000	0,094	0,231	0,963
C_04, C_14	0,154	0,005	0,002	0,132	0,178	0,001	0,000	0,086	0,099	0,657
C_18, C_30	0,230	0,013	0,003	0,160	0,231	0,001	0,000	0,094	0,231	0,963
C_20, C_21	0,330	0,013	0,006	0,297	0,347	0,002	0,000	0,117	0,347	1,458
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,264	0,013	0,003	0,198	0,231	0,001	0,000	0,117	0,116	0,943

**h. Stabilitas Terhadap Guling**

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum MG_v}{\sum MG_h}$$

Dimana :

SF guling = Faktor keamanan stabilitas terhadap guling

∑MG<sub>v</sub> = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

∑MG<sub>h</sub> = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

**Tabel 6.13 Stabilitas Terhadap Guling Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	SF	Syarat	Keterangan
C_01	1,675	>1,5	Aman
C_07	1,780	>1,5	Aman
C_08	3,582	>1,5	Aman
C_28	1,649	>1,5	Aman
C_04, C_14	1,602	>1,5	Aman
C_18, C_30	1,649	>1,5	Aman
C_20, C_21	3,165	>1,5	Aman
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	1,613	>1,5	Aman

**i. Stabilitas Terhadap Geser**

$$SF \text{ geser} = \frac{(\sum G_v \cdot \tan \phi_1) + C_1 \cdot c}{\sum Pa}$$

Dimana :



- SF geser = Faktor keamanan stabilitas terhadap geser
- $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)
- $\varphi_1$  = Sudut geser dalam tanah lapisan satu (deg)
- $C_1$  = Kohesi tanah lapisan satu (ton/m<sup>2</sup>)
- c = Lebar dasar pondasi (m)
- $\sum P_a$  = Jumlah tekanan tanah aktif (ton)

**Tabel 6.14 Stabilitas Terhadap Geser Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	SF	Syarat	Keterangan
C_01	3,751	>1,5	Aman
C_07	3,680	>1,5	Aman
C_08	2,859	>1,5	Aman
C_28	3,618	>1,5	Aman
C_04, C_14	3,607	>1,5	Aman
C_18, C_30	3,618	>1,5	Aman
C_20, C_21	2,755	>1,5	Aman
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	3,757	>1,5	Aman

**j. Perhitungan Eksentrisitas**

$$e \text{ syarat} = \frac{1}{6} \cdot c$$

$$e = \left( \frac{c}{2} \right) - \left( \frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v} \right)$$

Dimana :

- e syarat = Eksentrisitas pembebanan yang bekerja di dalam inti pondasi (m)
- e = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)
- c = Lebar dasar pondasi (m)
- $\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)
- $\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)
- $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

**Tabel 6.15 Eksentrisitas Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	$e < c/6$	e	Keterangan
C_01	0,133	0,581	$e > c/6$
C_07	0,125	0,549	$e > c/6$
C_08	0,133	0,692	$e > c/6$
C_28	0,125	0,533	$e > c/6$





C_04, C_14	0,117	0,489	$e > c/6$
C_18, C_30	0,125	0,533	$e > c/6$
C_20, C_21	0,133	0,683	$e > c/6$
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,133	0,563	$e > c/6$

**k. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah**

$$Qult = (C_1 \cdot Nc) + (0,5 \cdot c \cdot \gamma_1 \cdot N\gamma) + ((\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_1 \cdot h_2) \cdot Nq)$$

$$Qall = \frac{Qult}{SF}$$

Dimana :

Qult = Daya dukung batas (*ultimate*) tanah pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

Qall = Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan (ton/m<sup>2</sup>)

C<sub>1</sub> = Kohesi tanah lapisan satu (ton/m<sup>2</sup>)

c = Lebar dasar pondasi (m)

γ<sub>1</sub> = Berat jenis tanah lapisan satu (ton/m<sup>3</sup>)

h<sub>1</sub> = Kedalaman tanah lapisan satu (m)

h<sub>2</sub> = Kedalaman tanah lapisan dua (m)

Nc, Nq, Nγ = Faktor daya dukung tanah tergantung dari nilai sudut geser dalam tanah (φ) menurut *Vesic*, 1973

SF = Faktor keamanan, diambil 1,5

**Tabel 6.16 Faktor Daya Dukung Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Faktor Daya Dukung	
φ <sub>2</sub>	5,860
Nc	6,765
Nq	1,656
Nγ	0,504

**Tabel 6.17 Tegangan Ijin Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Qult (ton/m <sup>2</sup> )	Qall (ton/m <sup>2</sup> )
C_01	16,514	11,009
C_07	16,492	10,995
C_08	18,197	12,131
C_28	16,492	10,995
C_04, C_14	15,910	10,607
C_18, C_30	16,492	10,995
C_20, C_21	18,197	12,131



C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	16,514	11,009
------------------------------------	--------	--------

### i. Tegangan Tanah yang Terjadi

$$d = \left( \frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v} \right)$$

$$q_{\max} = \left( \frac{2 \cdot \sum G_v}{L \cdot x} \right)$$

Dimana :

$d$  = Daerah resultante gaya dari ujung kaki pondasi (m)

$q_{\max}$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

$L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

$x$  = Jarak tegangan tanah maksimal terhadap tegangan tanah minimal (m)

**Tabel 6.18 Tegangan Tanah yang Timbul di Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	d (m)	x = 3d (m)	x-a (m)	qx (ton/m <sup>2</sup> )	q max (ton/m <sup>2</sup> )	q min (ton/m <sup>2</sup> )	Syarat q < Qall (ton/m <sup>2</sup> )	Ket.
C_01	0,181	0,544	0,294	4,325	8,007	0,000	11,009	Aman
C_07	0,174	0,522	0,322	6,186	10,024	0,000	10,995	Aman
C_08	0,292	0,877	0,677	7,170	9,289	0,000	12,131	Aman
C_28	0,158	0,474	0,274	5,850	10,119	0,000	10,995	Aman
C_04, C_14	0,139	0,416	0,266	5,465	8,543	0,000	10,607	Aman
C_18, C_30	0,158	0,474	0,274	5,850	10,119	0,000	10,995	Aman
C_20, C_21	0,283	0,850	0,650	6,338	8,290	0,000	12,131	Aman
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,163	0,489	0,289	5,310	8,981	0,000	11,009	Aman

### m. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell

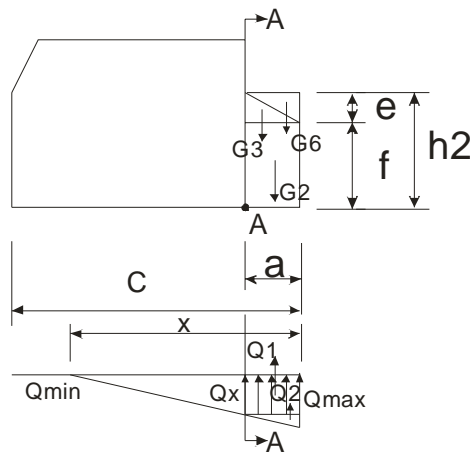
$$\tau_A = \left( \frac{\sum G_v}{L \cdot h_2} \right)$$

$$\sigma_A = \left( \frac{6 \cdot \sum MG_v}{L \cdot (h_2)^2} \right)$$



Dimana :

- $\tau_A$  = Tegangan geser yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )
- $\sigma_A$  = Tegangan tekan lentur yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )
- $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton)
- L = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)
- $h_2$  = Tinggi tumit pondasi (m)
- $\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton m)



**Gambar 6.3** Beban Pada Plat Ujung Saluran Persegi Tertutup Tipe I

**Tabel 6.19** Gaya Vertikal Irisan A-A Saluran Persegi Tertutup Tipe I

Drainase	Gaya Vertikal					
	G2 (ton)	G3 (ton)	G6 (ton)	Q1 (ton)	Q2 (ton)	$\sum GV$ (ton)
C_01	0,165	0,028	0,019	-1,081	-0,460	-1,330
C_07	0,132	0,022	0,015	-1,237	-0,384	-1,452
C_08	0,132	0,044	0,031	-1,434	-0,212	-1,439
C_28	0,132	0,022	0,015	-1,170	-0,427	-1,428
C_04, C_14	0,066	0,017	0,011	-0,820	-0,231	-0,957
C_18, C_30	0,132	0,022	0,015	-1,170	-0,427	-1,428
C_20, C_21	0,132	0,044	0,031	-1,268	-0,195	-1,256
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,132	0,022	0,015	-1,062	-0,367	-1,260



**Tabel 6.20 Momen Irisan A-A Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	Lengan Momen					Momen					
	G2 (m)	G3 (m)	G6 (m)	Q1 (m)	Q2 (m)	G2 (ton m)	G3 (ton m)	G6 (ton m)	Q1 (ton m)	Q2 (ton m)	$\Sigma$ MGV (ton m)
C_01	0,125	0,083	0,167	0,125	0,167	0,021	0,002	0,003	-0,135	-0,077	-0,186
C_07	0,100	0,067	0,133	0,100	0,133	0,013	0,001	0,002	-0,124	-0,051	-0,158
C_08	0,100	0,067	0,133	0,100	0,133	0,013	0,003	0,004	-0,143	-0,028	-0,151
C_28	0,100	0,067	0,133	0,100	0,133	0,013	0,001	0,002	-0,117	-0,057	-0,157
C_04, C_14	0,075	0,050	0,100	0,075	0,100	0,005	0,001	0,001	-0,061	-0,023	-0,078
C_18, C_30	0,100	0,067	0,133	0,100	0,133	0,013	0,001	0,002	-0,117	-0,057	-0,157
C_20, C_21	0,100	0,067	0,133	0,100	0,133	0,013	0,003	0,004	-0,127	-0,026	-0,133
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	0,100	0,067	0,133	0,100	0,133	0,013	0,001	0,002	-0,106	-0,049	-0,138

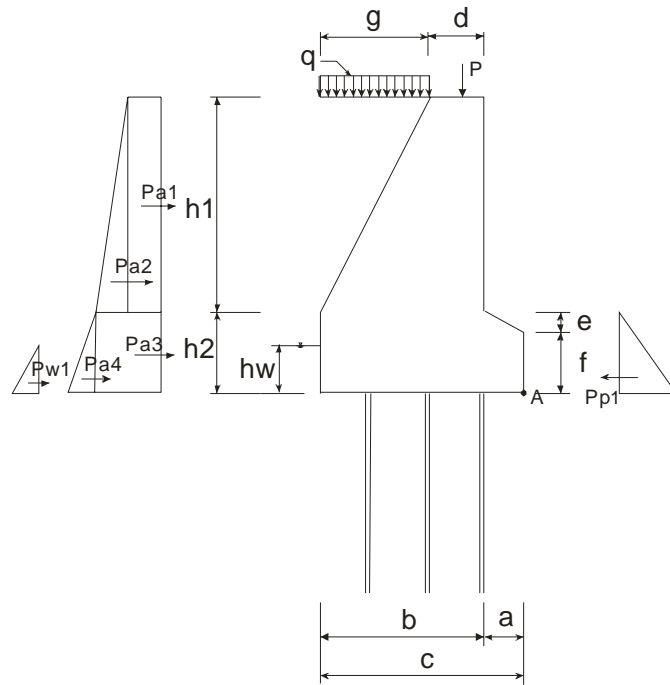
**Tabel 6.21 Tegangan yang Terjadi Irisan A-A Saluran Persegi Tertutup Tipe I**

Drainase	$\tau_A$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_A$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau$ ijin (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ ijin (ton/m <sup>2</sup> )	Keterangan
C_01	3,325	6,966	< 20	< 50	Aman
C_07	3,629	5,932	< 20	< 50	Aman
C_08	2,878	3,634	< 20	< 50	Aman
C_28	3,569	5,895	< 20	< 50	Aman
C_04, C_14	3,189	5,176	< 20	< 50	Aman
C_18, C_30	3,569	5,895	< 20	< 50	Aman
C_20, C_21	2,512	3,182	< 20	< 50	Aman
C_02, C_03, C_15, C_26, C_27, C_29	3,150	5,192	< 20	< 50	Aman



2. Perencanaan Saluran Persegi Tertutup Tipe II

a. Data Saluran



Gambar 6.4 Penampang Melintang Dinding Saluran Persegi Tertutup Tipe II

Tabel 6.22 Data Saluran Persegi Tertutup Tipe II

Drainase	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)	f (m)	g (m)	h <sub>1</sub> (m)	h <sub>2</sub> (m)	hw (m)	T plat (m)	B sal (m)
C_05	0,10	0,55	0,65	0,30	0,30	0,40	0,25	1,80	0,70	0,50	0,30	3,00
C_06	0,10	0,60	0,70	0,30	0,35	0,40	0,30	1,80	0,75	0,55	0,40	3,60
C_09	0,15	0,58	0,73	0,30	0,30	0,30	0,28	2,00	0,60	0,60	0,30	4,00
C_12	0,10	0,70	0,80	0,30	0,20	0,30	0,40	1,60	0,50	0,10	0,40	2,90



### b. Data Tanah

**Tabel 6.23 Data Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Notasi	Besaran	Satuan
$C_1$	1,810	ton/m <sup>2</sup>
$C_2$	1,600	ton/m <sup>2</sup>
Crata-rata	1,705	ton/m <sup>2</sup>
$\gamma_1$	1,694	ton/m <sup>3</sup>
$\gamma_2$	1,531	ton/m <sup>3</sup>
$\gamma_b$	2,200	ton/m <sup>3</sup>
$\gamma_{air}$	1,000	ton/m <sup>3</sup>
$\varphi_1$	7,460	deg
$\varphi_2$	5,860	deg

### c. Data Pancang Bambu

**Tabel 6.24 Data Pancang Bambu Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	R (m)	L (m)	T bambu (ton/m <sup>2</sup> )	np (batang)	Ncs	CA (ton/m <sup>2</sup> )
C_05	0,050	3,000	20,000	6,000	9,000	1,250
C_06	0,050	3,000	20,000	6,000	9,000	1,250
C_09	0,050	3,000	20,000	6,000	9,000	1,250
C_12	0,050	3,000	20,000	6,000	9,000	1,250

### d. Data Pembebanan

$$P = \frac{T_{plat} \cdot B_{sal} \cdot \gamma_{beton} \cdot 1m}{2}$$

Dimana :

P = Beban terpusat akibat beban plat beton bertulang (ton)

$T_{plat}$  = Tebal plat beton bertulang (m)

$B_{sal}$  = Lebar saluran (m)

$\gamma_{beton}$  = Berat jenis beton bertulang (ton/m<sup>3</sup>)

**Tabel 6.25 Data Pembebanan Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	q (ton/m <sup>2</sup> )	P (ton)
----------	----------------------------	------------



C_05	0,600	0,990
C_06	0,600	1,584
C_09	0,600	1,320
C_12	0,600	1,276

**e. Koefisien Tekanan Tanah**

$$K_a = \tan\left(45\text{deg} - \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45\text{deg} + \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

Dimana :

$K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif

$K_p$  = Koefisien tekanan tanah pasif

$\varphi$  = Sudut geser dalam tanah (deg)

**Tabel 6.26 Koefisien Tekanan Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Notasi	Besaran
$K_{a1}$	0,770
$K_{a2}$	0,815
$K_a$ rata-rata	0,793
$K_p$	1,227
$\sqrt{K_{a1}}$	0,878
$\sqrt{K_{a2}}$	0,903
$\sqrt{K_a}$ rata-rata	0,891
$\sqrt{K_p}$	1,108
$K_w$	1,000

**f. Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal**

❖ Tegangan tanah :

$$\tau_{a1} = q \cdot K_{a1}$$

$$\tau_{a2} = (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_{a1}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a1}})$$

$$\tau_{a3} = ((q + (\gamma_1 \cdot h_1)) \cdot K_{a \text{ rata-rata}}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a \text{ rata-rata}}})$$

$$\tau_{a4} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_{a \text{ rata-rata}}) - (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{K_{a \text{ rata-rata}}})$$

$$\tau_{w1} = \gamma_w \cdot K_w \cdot h_w$$

$$\tau_{p1} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_p) + (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{K_p})$$

❖ Tekanan tanah horisontal :

$$P_{a1} = \tau_{a1} \cdot h_1$$



$$Pa_2 = \tau_{a_2}.h_1.0,5$$

$$Pa_3 = \tau_{a_3}.h_2$$

$$Pa_4 = \tau_{a_3}.h_2.0,5$$

$$Pw_1 = \tau_{w_1}.hw.0,5$$

$$Pp_1 = \tau_{p_1}.h_2.0,5$$

**Tabel 6.27 Tegangan Tanah Horizontal Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Tegangan Tanah					
	$\tau_{a_1}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{a_2}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{a_3}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{a_4}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{w_1}$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau_{p_1}$ (ton/m <sup>2</sup> )
C_05	0,462	-0,830	-0,332	-2,001	0,500	-4,861
C_06	0,462	-0,830	-0,332	-1,941	0,550	-4,955
C_09	0,462	-0,570	-0,063	-2,123	0,600	-4,673
C_12	0,462	-1,091	-0,600	-2,244	0,100	-4,485

**Tabel 6.28 Tekanan Tanah Horizontal Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Tekanan Tanah Horizontal							
	$Pa_1$ (ton)	$Pa_2$ (ton)	$Pa_3$ (ton)	$Pa_4$ (ton)	$Pw_1$ (ton)	$Pp_1$ (ton)	Pa total (ton)	Pp total (ton)
C_05	0,832	-0,747	-0,232	-0,700	0,250	-1,701	1,082	-3,381
C_06	0,832	-0,747	-0,249	-0,728	0,303	-1,858	1,134	-3,582
C_09	0,924	-0,570	-0,038	-0,637	0,360	-1,402	1,284	-2,646
C_12	0,739	-0,873	-0,300	-0,561	0,010	-1,121	0,749	-2,855

**g. Momen Guling**

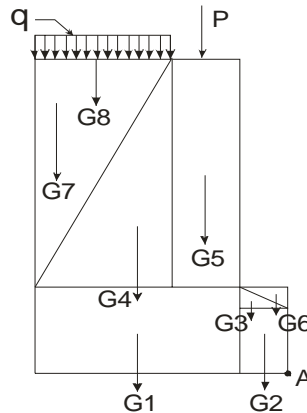
**Tabel 6.29 Momen Guling Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Lengan						Momen						
	$La_1$ (m)	$La_2$ (m)	$La_3$ (m)	$La_4$ (m)	$Lw_1$ (m)	$Lp_1$ (m)	$Ma_1$ (ton m)	$Ma_2$ (ton m)	$Ma_3$ (ton m)	$Ma_4$ (ton m)	$Mw_1$ (ton m)	$Mp_1$ (ton m)	$\Sigma MGH$ (ton m)
C_05	1,600	1,300	0,900	0,233	0,167	0,233	1,331	-0,972	-0,209	-0,163	0,042	-0,397	-0,369
C_06	1,650	1,350	0,900	0,250	0,183	0,250	1,372	-1,009	-0,224	-0,182	0,055	-0,464	-0,452
C_09	1,600	1,267	1,000	0,200	0,200	0,200	1,478	-0,721	-0,038	-0,127	0,072	-0,280	0,383
C_12	1,300	1,033	0,800	0,167	0,033	0,167	0,961	-0,902	-0,240	-0,094	0,000	-0,187	-0,461





**h. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan**



**Gambar 6.5 Diagram Gaya Vertikal Dinding Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

**Tabel 6.30 Luas Bidang Gaya Vertikal Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Luas							
	G1 (m <sup>2</sup> )	G2 (m <sup>2</sup> )	G3 (m <sup>2</sup> )	G4 (m <sup>2</sup> )	G5 (m <sup>2</sup> )	G6 (m <sup>2</sup> )	G7 (m <sup>2</sup> )	G8 (m <sup>2</sup> )
C_05	0,385	0,040	0,015	0,225	0,540	0,015	0,225	0,250
C_06	0,450	0,040	0,018	0,270	0,540	0,018	0,270	0,300
C_09	0,348	0,045	0,023	0,280	0,600	0,023	0,280	0,280
C_12	0,350	0,030	0,010	0,320	0,480	0,010	0,320	0,400

**Tabel 6.31 Berat Jenis Bahan Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Berat Jenis							
	G1 (ton/m <sup>3</sup> )	G2 (ton/m <sup>3</sup> )	G3 (ton/m <sup>3</sup> )	G4 (ton/m <sup>3</sup> )	G5 (ton/m <sup>3</sup> )	G6 (ton/m <sup>3</sup> )	G7 (ton/m <sup>3</sup> )	G8 (ton/m <sup>3</sup> )
C_05	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_06	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_09	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600
C_12	2,200	2,200	2,200	2,200	2,200	1,531	1,694	0,600

**Tabel 6.32 Gaya Vertikal Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Gaya Vertikal								
	Gv <sub>1</sub> (ton)	Gv <sub>2</sub> (ton)	Gv <sub>3</sub> (ton)	Gv <sub>4</sub> (ton)	Gv <sub>5</sub> (ton)	Gv <sub>6</sub> (ton)	Gv <sub>7</sub> (ton)	Gv <sub>8</sub> (ton)	P (ton)



C_05	0,847	0,088	0,033	0,495	1,188	0,023	0,381	0,150	0,990	4,195
C_06	0,990	0,088	0,039	0,594	1,188	0,027	0,457	0,180	1,584	5,147
C_09	0,766	0,099	0,050	0,616	1,320	0,034	0,474	0,168	1,320	4,847
C_12	0,770	0,066	0,022	0,704	1,056	0,015	0,542	0,240	1,276	4,691

**Tabel 6.33 Lengan Momen Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Lengan Momen								
	Gv <sub>1</sub> (m)	Gv <sub>2</sub> (m)	Gv <sub>3</sub> (m)	Gv <sub>4</sub> (m)	Gv <sub>5</sub> (m)	Gv <sub>6</sub> (m)	Gv <sub>7</sub> (m)	Gv <sub>8</sub> (m)	P (m)
C_05	0,375	0,050	0,067	0,483	0,250	0,033	0,567	0,525	0,250
C_06	0,400	0,050	0,067	0,500	0,250	0,033	0,600	0,550	0,250
C_09	0,440	0,075	0,100	0,543	0,300	0,050	0,637	0,590	0,300
C_12	0,450	0,050	0,067	0,533	0,250	0,033	0,667	0,600	0,250

**Tabel 6.34 Momen Tahanan Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Momen Tahanan									
	MGv <sub>1</sub> (ton m)	MGv <sub>2</sub> (ton m)	MGv <sub>3</sub> (ton m)	MGv <sub>4</sub> (ton m)	MGv <sub>5</sub> (ton m)	MGv <sub>6</sub> (ton m)	MGv <sub>7</sub> (ton m)	MGv <sub>8</sub> (ton m)	MGp (ton m)	ΣMGv (ton m)
C_05	0,318	0,004	0,002	0,239	0,297	0,001	0,216	0,079	0,248	1,403
C_06	0,396	0,004	0,003	0,297	0,297	0,001	0,274	0,099	0,396	1,767
C_09	0,337	0,007	0,005	0,335	0,396	0,002	0,302	0,099	0,396	1,879
C_12	0,347	0,003	0,001	0,375	0,264	0,001	0,361	0,144	0,319	1,816

**i. Stabilitas Terhadap Guling**

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum MGv}{\sum MGh}$$

Dimana :

SF guling = Faktor keamanan stabilitas terhadap guling

ΣMGv = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

ΣMGh = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

**Tabel 6.35 Stabilitas Terhadap Guling Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	SF	Syarat	Keterangan
C_05	3,806	>1,5	Aman
C_06	3,913	>1,5	Aman
C_09	4,900	>1,5	Aman
C_12	3,935	>1,5	Aman

**j. Stabilitas Terhadap Geser**



$$SF \text{ geser} = \frac{(\sum Gv \cdot \tan \varphi_2) + C_2 \cdot c + (n_p \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \tau \text{ bambu})}{\sum Pa}$$

Dimana :

SF geser = Faktor keamanan stabilitas terhadap geser

$\sum Gv$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

$\varphi_2$  = Sudut geser dalam tanah lapisan dua (deg)

$C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

$c$  = Lebar dasar pondasi (m)

$n_p$  = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

$R$  = Jari-jari tiang pancang (m)

$\tau$  bambu = Tegangan ijin geser bambu (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum Pa$  = Jumlah tekanan tanah aktif (ton)

**Tabel 6.36 Stabilitas Terhadap Geser Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	SF	Syarat	Keterangan
C_05	2,231	>2	Aman
C_06	2,284	>2	Aman
C_09	2,031	>2	Aman
C_12	3,609	>2	Aman

**k. Perhitungan Tiang Pancang**

$$DDP = (C_2 \cdot Ncs \cdot \pi \cdot R^2) + (C_A \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L)$$

$$\text{Total DDP} = n_p \cdot DDP$$

Dimana :

DDP = Daya dukung ijin tiang pancang (ton)

Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)

$C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

$Ncs$  = Harga faktor daya dukung, lihat grafik  $Ncc$ ,  $Ncs$

$R$  = jari-jari tiang pancang (m)

$C_A$  = Nilai adhesi antara tiang pancang dengan tanah (ton/m<sup>2</sup>)

$L$  = Panjang tiang pancang (m)

$n_p$  = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

**Tabel 6.37 Daya Dukung Tiang Pancang Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	DDP	$n_p$	Total DDP
----------	-----	-------	-----------



	(ton)	(batang)	(ton)
C_05	1,291	6,000	7,743
C_06	1,291	6,000	7,743
C_09	1,291	6,000	7,743
C_12	1,291	6,000	7,743

**l. Perhitungan Eksentrisitas**

$$e \text{ syarat} = \frac{1}{6} \cdot c$$

$$e = \left(\frac{c}{2}\right) - \left(\frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v}\right)$$

Dimana :

e syarat = Eksentrisitas pembebanan yang bekerja di dalam inti pondasi (m)

e = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)

c = Lebar dasar pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

**Tabel 6.38 Eksentrisitas Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	$e < c/6$	e	Keterangan
C_05	0,108	0,078	$e < c/6$
C_06	0,117	0,094	$e < c/6$
C_09	0,122	-0,102	$e < c/6$
C_12	0,133	0,111	$e < c/6$

**m. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah**

$$Q_{ult} = (C_2 \cdot N_c) + (0,5 \cdot c \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma) + ((\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot N_q)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

Q<sub>ult</sub> = Daya dukung batas (*ultimate*) tanah pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

Q<sub>all</sub> = Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan (ton/m<sup>2</sup>)

C<sub>2</sub> = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

c = Lebar dasar pondasi (m)

γ<sub>1</sub> = Berat jenis tanah lapisan satu (ton/m<sup>3</sup>)

γ<sub>2</sub> = Berat jenis tanah lapisan dua (ton/m<sup>3</sup>)



- $h_1$  = Kedalaman tanah lapisan satu (m)  
 $h_2$  = Kedalaman tanah lapisan dua (m)  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung tanah tergantung dari nilai sudut geser dalam tanah ( $\varphi$ ) menurut *Vesic*, 1973  
 $SF$  = Faktor keamanan, diambil 1,5

**Tabel 6.39 Faktor Daya Dukung Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Faktor Daya Dukung	
$\varphi_2$	5,860
$N_c$	6,765
$N_q$	1,656
$N_\gamma$	0,504

**Tabel 6.40 Perhitungan Tegangan Tanah Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	Qult (ton/m <sup>2</sup> )	Qall (ton/m <sup>2</sup> )
C_05	17,899	11,933
C_06	18,045	12,030
C_09	18,237	12,158
C_12	16,889	11,259

**n. Tegangan Tanah yang Terjadi**

$$W_1 = \left( \frac{\sum G_v - \text{Total DDP}}{L \cdot c} \right)$$

$$W_2 = \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$

$$W_2' = \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$

$$q \text{ max} = \left( \frac{\sum G_v - \text{Total DDP}}{L \cdot c} \right) \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$

$$q \text{ min} = \left( \frac{\sum G_v - \text{Total DDP}}{L \cdot c} \right) \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$

$$q_x = \left( \frac{(q \text{ max} - q \text{ min}) \cdot b}{c} \right) + q \text{ min}$$

Dimana :

$q \text{ max}$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi  
 (ton/m<sup>2</sup>)



- $q_{\min}$  = Tegangan tanah minimal yang bekerja dibawah dasar pondasi ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $q_x$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)  
 Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)  
 $L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)  
 $c$  = Lebar dasar pondasi (m)  
 $e$  = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)  
 $b$  = Lebar dasar pondasi dikurangi lebar tumit pondasi (m)

**Tabel 6.41 Tegangan Tanah yang Terjadi di Saluran Persegi Tertutup Tipe II**

Drainase	$W_1$ ( $\text{ton/m}^2$ )	$W_2$ (m)	$W_2'$ (m)	$q_x$ ( $\text{ton/m}^2$ )	$q_{\max}$ ( $\text{ton/m}^2$ )	$q_{\min}$ ( $\text{ton/m}^2$ )	Syarat $q < Q_{all}$ ( $\text{ton/m}^2$ )	Keterangan
C_05	5,459	1,723	0,277	8,192	9,406	1,511	11,933	Aman
C_06	3,709	1,809	0,191	5,853	6,710	0,709	12,030	Aman
C_09	3,968	0,164	1,836	2,014	0,650	7,285	12,158	Aman
C_12	3,815	1,835	0,165	6,204	7,000	0,629	11,259	Aman

**o. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell**

$$\tau_A = \left( \frac{\sum G_v}{L \cdot h_2} \right)$$

$$\sigma_A = \left( \frac{6 \cdot \sum MG_v}{L \cdot (h_2)^2} \right)$$

Dimana :

$\tau_A$  = Tegangan geser yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )

$\sigma_A$  = Tegangan tekan lentur yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )

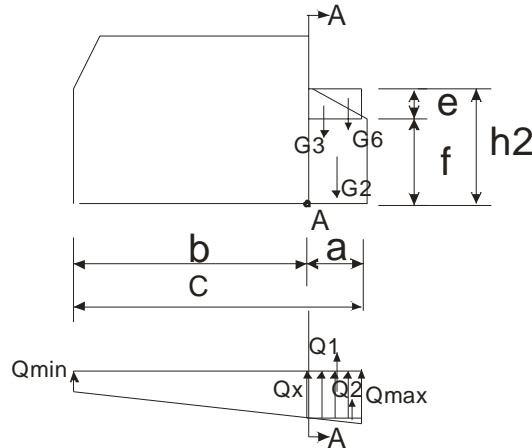
$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton)

$L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

$h_2$  = Tinggi tumit pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton m)





Gambar 6.6 Beban Plat Ujung Saluran Persegi Tertutup Tipe II

Tabel 6.42 Gaya Vertikal Irisan A-A Saluran Persegi Tertutup Tipe II

Drainase	Gaya Vertikal					
	G2 (ton)	G3 (ton)	G6 (ton)	Q1 (ton)	Q2 (ton)	$\Sigma$ GV (ton)
C_05	0,088	0,033	0,023	-0,819	-0,061	-0,736
C_06	0,088	0,039	0,027	-0,585	-0,043	-0,475
C_09	0,099	0,050	0,034	-0,302	0,102	-0,017
C_12	0,066	0,022	0,015	-0,620	-0,040	-0,557

Tabel 6.43 Momen Irisan A-A Saluran Persegi Tertutup Tipe II

Drainase	Lengan Momen					Momen					
	G2 (m)	G3 (m)	G6 (m)	Q1 (m)	Q2 (m)	G2 (ton m)	G3 (ton m)	G6 (ton m)	Q1 (ton m)	Q2 (ton m)	$\Sigma$ MGV (ton m)
C_05	0,050	0,033	0,067	0,050	0,067	0,004	0,001	0,002	-0,041	-0,004	-0,038
C_06	0,050	0,033	0,067	0,050	0,067	0,004	0,001	0,002	-0,029	-0,003	-0,025
C_09	0,075	0,050	0,100	0,075	0,100	0,007	0,002	0,003	-0,023	0,010	0,001
C_12	0,050	0,033	0,067	0,050	0,067	0,003	0,001	0,001	-0,031	-0,003	-0,029

Tabel 6.44 Tegangan yang Terjadi Irisan A-A Saluran Persegi Tertutup Tipe II

Drainase	$\tau_A$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma_A$ (ton/m <sup>2</sup> )	$\tau$ ijin (ton/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ ijin (ton/m <sup>2</sup> )	Keterangan
C_05	1,051	0,465	< 20	< 50	Aman
C_06	0,633	0,263	< 20	< 50	Aman
C_09	0,028	-0,015	< 20	< 50	Aman
C_12	1,114	0,687	< 20	< 50	Aman

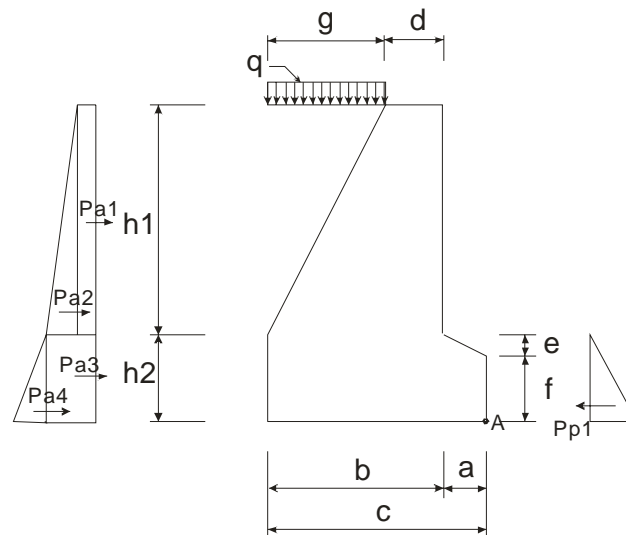


**6.2.2 Stabilitas Dinding Saluran Persegi Terbuka**

Pada saluran yang berbentuk persegi terbuka, dinding saluran terbuat dari pasangan batu kali, semacam dinding penahan tanah yang pondasinya ditopang dengan pondasi trucuk bambu.

**1. Perencanaan Saluran C<sub>10</sub>, dan C<sub>16</sub>**

**a. Data Saluran**



*Gambar 6.7 Penampang Melintang Dinding Saluran C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>*

*Tabel 6.45 Data Saluran C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>*

Notasi	Panjang (m)
a	0,25
b	0,60
c	0,85
d	0,30
e	0,10
f	0,30
g	0,30
h <sub>1</sub>	1,00
h <sub>2</sub>	0,40
B sal	2,00





**b. Data Tanah****Tabel 6.46 Data Tanah C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran	Satuan
C <sub>1</sub>	1,810	ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>1</sub>	1,694	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>b</sub>	2,200	ton/m <sup>3</sup>
Φ <sub>1</sub>	7,460	deg

**c. Data Pembebanan****Tabel 6.47 Data Pembebanan C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Beban (ton/m <sup>2</sup> )
q	0,6

**d. Koefisien Tekanan Tanah**

$$K_a = \tan\left(45\text{deg} - \frac{\varphi_1}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45\text{deg} + \frac{\varphi_1}{2}\right)^2$$

Dimana :

K<sub>a</sub> = Koefisien tekanan tanah aktif

K<sub>p</sub> = Koefisien tekanan tanah pasif

φ<sub>1</sub> = Sudut geser dalam tanah lapisan satu (deg)

**Tabel 6.48 Koefisien Tekanan Tanah C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran
K <sub>a1</sub>	0,770
K <sub>p</sub>	1,227
√K <sub>a1</sub>	0,878
√K <sub>p</sub>	1,108

**e. Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal**

❖ Tegangan tanah :

$$\tau_{a1} = q \cdot K_{a1}$$

$$\tau_{a2} = (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_{a1}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a1}})$$

$$\tau_{a3} = ((q + (\gamma_1 \cdot h_2)) \cdot K_{a1}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a1}})$$

$$\tau_{a4} = (\gamma_1 \cdot h_2 \cdot K_{a1}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a1}})$$



$$\tau_{p1} = (\gamma_1 \cdot h_2 \cdot K_p) + (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_p})$$

❖ Tekanan tanah horisontal :

$$Pa_1 = \tau_{a1} \cdot h_1$$

$$Pa_2 = \tau_{a2} \cdot h_1 \cdot 0,5$$

$$Pa_3 = \tau_{a3} \cdot h_2$$

$$Pa_4 = \tau_{a4} \cdot h_2 \cdot 0,5$$

$$Pp_1 = \tau_{p1} \cdot h_2 \cdot 0,5$$

**Tabel 6.49 Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal C\_10 dan C\_16**

Tegangan	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Tekanan	Besaran (ton)
$\tau_{a1}$	0,462	$Pa_1$	0,462
$\tau_{a2}$	-1,874	$Pa_2$	-0,937
$\tau_{a3}$	-1,412	$Pa_3$	-0,565
$\tau_{a4}$	-2,657	$Pa_4$	-0,531
$\tau_{p1}$	4,842	$Pp_1$	-0,968
<b>Pa total</b>			0,462
<b>Pp total</b>			-3,002

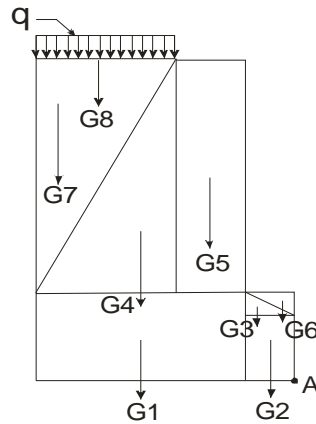
#### f. Momen Guling

**Tabel 6.50 Momen Guling C\_10 dan C\_16**

Gaya	Besaran (ton)	Lengan (m)	Momen (ton m)
$Pa_1$	0,462	0,900	0,416
$Pa_2$	-0,937	0,733	-0,687
$Pa_3$	-0,565	0,200	-0,113
$Pa_4$	-0,531	0,133	-0,071
$Pp_1$	-0,968	0,133	-0,129
<b><math>\Sigma</math>MGH</b>			-0,584



**g. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan**



**Gambar 6.8 Diagram Gaya Vertikal pada Dinding Saluran C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

**Tabel 6.51 Gaya Vertikal dan Momen Tahanan C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Gaya	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat Jenis (ton/m <sup>3</sup> )	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G1	0,240	2,200	0,528	0,550	0,290
G2	0,075	2,200	0,165	0,125	0,021
G3	0,013	2,200	0,028	0,167	0,005
G4	0,150	2,200	0,330	0,650	0,215
G5	0,300	2,200	0,660	0,400	0,264
G6	0,013	1,531	0,019	0,083	0,002
G7	0,000	1,694	0,000	0,750	0,000
G8	0,300	0,600	0,180	0,700	0,126
$\Sigma Gv$			1,910	$\Sigma MGv$	0,922

**h. Stabilitas Terhadap Guling**

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum MGv}{\sum MGh}$$

Dimana :

SF guling = Faktor keamanan stabilitas terhadap guling

$\sum MGv$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MGh$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

**Tabel 6.52 Stabilitas Terhadap Guling C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	1,578	>1,5	Aman



**i. Stabilitas Terhadap Geser**

$$SF \text{ geser} = \frac{(\sum Gv \cdot \tan \varphi_1) + C_1 \cdot c}{\sum Pa}$$

Dimana :

SF geser = Faktor keamanan stabilitas terhadap geser

$\sum Gv$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

$\varphi_1$  = Sudut geser dalam tanah lapisan satu (deg)

$C_1$  = Kohesi tanah lapisan satu (ton/m<sup>2</sup>)

$c$  = Lebar dasar pondasi (m)

$\sum Pa$  = Jumlah tekanan tanah aktif (ton)

**Tabel 6.53 Stabilitas Terhadap Geser C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	3,871	>1,5	Aman

**j. Perhitungan Eksentrisitas**

$$e \text{ syarat} = \frac{1}{6} \cdot c$$

$$e = \left(\frac{c}{2}\right) - \left(\frac{\sum MGv - \sum MGh}{\sum Gv}\right)$$

Dimana :

$e \text{ syarat}$  = Eksentrisitas pembebanan yang bekerja di dalam inti pondasi (m)

$e$  = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)

$c$  = Lebar dasar pondasi (m)

$\sum MGv$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MGh$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

$\sum Gv$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

**Tabel 6.54 Eksentrisitas C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran	Keterangan
$e < c/6$	0,142	
$e$	0,602	$e > c/6$

**k. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah**

$$Qult = (C_1 \cdot Nc) + (0,5 \cdot c \cdot \gamma_1 \cdot N\gamma) + ((\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot Nq)$$



- $Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$   
 Dimana :  
 $Q_{ult}$  = Daya dukung batas (*ultimate*) tanah pondasi ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $Q_{all}$  = Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $C_1$  = Kohesi tanah lapisan satu ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $c$  = Lebar dasar pondasi (m)  
 $\gamma_1$  = Berat jenis tanah lapisan satu ( $\text{ton/m}^3$ )  
 $h_1$  = Kedalaman tanah lapisan satu (m)  
 $h_2$  = Kedalaman tanah lapisan dua (m)  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung tanah tergantung dari nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) menurut *Vesic*, 1973  
 $SF$  = Faktor keamanan, diambil 1,5

**Tabel 6.55 Faktor Daya Dukung Tanah C\_10 dan C\_16**

Faktor Daya Dukung	
$\phi_2$	5,860
$N_c$	6,765
$N_q$	1,656
$N_\gamma$	0,504

**Tabel 6.56 Tegangan Tanah C\_10 dan C\_16**

Qult ( $\text{ton/m}^2$ )	Qall ( $\text{ton/m}^2$ )
16,535	11,023

**i. Tegangan Tanah yang Terjadi**

$$d = \left( \frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v} \right)$$

$$q_{max} = \left( \frac{2 \cdot \sum G_v}{L \cdot x} \right)$$

Dimana :

- $d$  = Daerah resultante gaya dari ujung kaki pondasi (m)  
 $q_{max}$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)  
 $\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)  
 $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)



- L = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)
- x = Jarak tegangan tanah maksimal terhadap tegangan tanah minimal (m)

**Tabel 6.57 Tegangan Tanah yang Terjadi C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Syarat q < Qall	Keterangan
d	0,177		
x = 3d	0,530		
x-a	0,280		
qx	3,807		
q max	7,205	11,023	Aman
q min	0,000	11,023	Aman

**m. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell**

$$\tau_A = \left( \frac{\sum G_v}{L \cdot h_2} \right)$$

$$\sigma_A = \left( \frac{6 \cdot \sum MG_v}{L \cdot (h_2)^2} \right)$$

Dimana :

$\tau_A$  = Tegangan geser yang terjadi pada potongan A-A (ton/m<sup>2</sup>)

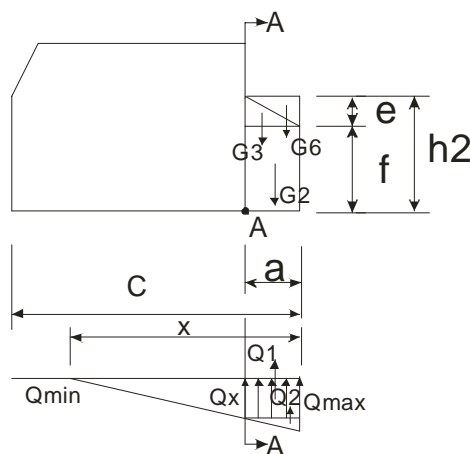
$\sigma_A$  = Tegangan tekan lentur yang terjadi pada potongan A-A (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton)

L = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

$h_2$  = Tinggi tumit pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton m)



**Gambar 6.9 Beban Pada Plat Ujung C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**



**Tabel 6.58 Gaya yang Bekerja pada Irisan A-A C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Gaya	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G2	0,165	0,125	0,021
G3	0,028	0,083	0,002
G6	0,019	0,167	0,003
Q <sub>1</sub>	-0,952	0,125	-0,119
Q <sub>2</sub>	-0,425	0,167	-0,071
Σ	-1,165		-0,164

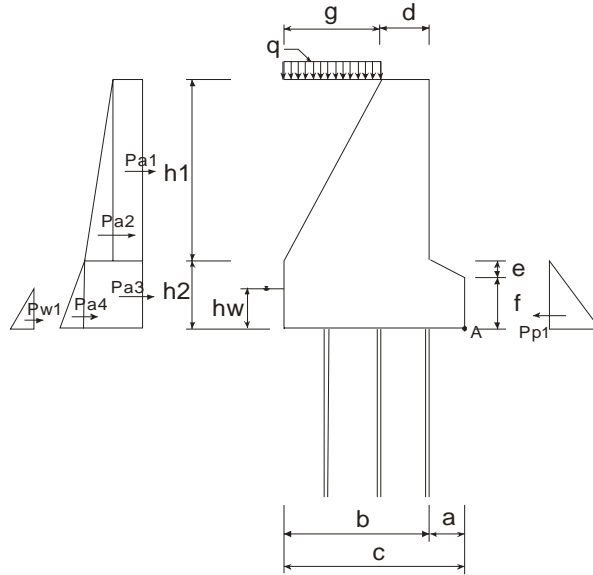
**Tabel 6.59 Tegangan yang Terjadi pada Irisan A-A C<sub>10</sub> dan C<sub>16</sub>**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
$\tau_A$	2,912	< 20 ton/m <sup>2</sup>	Aman
$\sigma_A$	6,137	< 50 ton/m <sup>2</sup>	Aman



2. Perencanaan Saluran C\_11

a. Data Saluran



Gambar 6.10 Penampang Melintang Dinding Saluran C\_11

Tabel 6.60 Data Saluran C\_11

Notasi	Panjang (m)
a	0,10
b	0,70
c	0,80
d	0,30
e	0,30
f	0,50
g	0,40
$h_1$	1,80
$h_2$	0,80
hw	0,60
B sal	4,20





**b. Data Tanah****Tabel 6.61 Data Tanah C\_11**

Notasi	Besaran	Satuan
C <sub>1</sub>	1,810	ton/m <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	1,600	ton/m <sup>2</sup>
Crata-rata	1,705	ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>1</sub>	1,694	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>2</sub>	1,531	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>b</sub>	2,200	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>air</sub>	1,000	ton/m <sup>3</sup>
φ <sub>1</sub>	7,460	deg
φ <sub>2</sub>	5,860	deg

**c. Data Pancang Bambu****Tabel 6.62 Data Pancang Bambu C\_11**

Notasi	Besaran	Satuan
R	0,050	m
L	2,500	m
T bambu	20,000	ton/m <sup>2</sup>
n <sub>p</sub>	9,000	batang
N <sub>cs</sub>	9,000	
C <sub>A</sub>	1,250	ton/m <sup>2</sup>

**d. Data Pembebanan****Tabel 6.63 Data Pembebanan C\_11**

Notasi	Beban (ton/m <sup>2</sup> )
q	0,6

**e. Koefisien Tekanan Tanah**

$$K_a = \tan\left(45\text{deg} - \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45\text{deg} + \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

Dimana :

K<sub>a</sub> = Koefisien tekanan tanah aktif

K<sub>p</sub> = Koefisien tekanan tanah pasif

φ = Sudut geser dalam tanah (deg)



**Tabel 6.64 Koefisien Tekanan Tanah C<sub>11</sub>**

Notasi	Besaran
Ka <sub>1</sub>	0,770
Ka <sub>2</sub>	0,815
Ka rata-rata	0,793
Kp	1,227
√Ka <sub>1</sub>	0,878
√Ka <sub>2</sub>	0,903
√Ka rata-rata	0,891
√Kp	1,108
Kw	1,000

**f. Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal**

❖ Tegangan tanah :

$$\tau_{a1} = q \cdot Ka_1$$

$$\tau_{a2} = (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot Ka_1) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{Ka_1})$$

$$\tau_{a3} = ((q + (\gamma_1 \cdot h_1)) \cdot Ka_{rata-rata}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{Ka_{rata-rata}})$$

$$\tau_{a4} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot Ka_{rata-rata}) - (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{Ka_{rata-rata}})$$

$$\tau_{w1} = \gamma_w \cdot h_w \cdot K_w$$

$$\tau_{p1} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot Kp) + (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{Kp})$$

❖ Tekanan tanah horisontal :

$$Pa_1 = \tau_{a1} \cdot h_1$$

$$Pa_2 = \tau_{a2} \cdot h_1 \cdot 0,5$$

$$Pa_3 = \tau_{a3} \cdot h_2$$

$$Pa_4 = \tau_{a4} \cdot h_2 \cdot 0,5$$

$$Pw_1 = \tau_{w1} \cdot h_w \cdot 0,5$$

$$Pp_1 = \tau_{p1} \cdot h_2 \cdot 0,5$$

**Tabel 6.65 Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal C<sub>11</sub>**

Tegangan	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Tekanan	Besaran (ton)
τ <sub>a1</sub>	0,462	Pa <sub>1</sub>	0,832
τ <sub>a2</sub>	-0,830	Pa <sub>2</sub>	-0,747
τ <sub>a3</sub>	-0,332	Pa <sub>3</sub>	-0,265
τ <sub>a4</sub>	-1,880	Pa <sub>4</sub>	-0,752
τ <sub>w1</sub>	0,600	Pw <sub>1</sub>	0,360



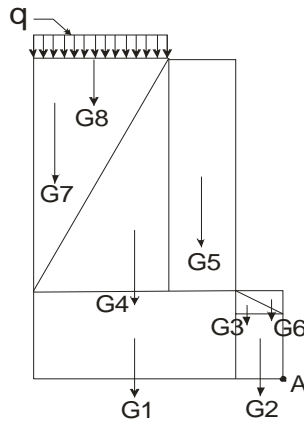
$T_{p1}$	-5,048	$P_{p1}$	-2,019
		<b>Pa total</b>	1,192
		<b>Pp total</b>	-3,784

**g. Momen Guling**

*Tabel 6.66 Momen Guling C\_11*

Gaya	Besaran (ton)	Lengan (m)	Momen (ton m)
$Pa_1$	0,832	1,700	1,414
$Pa_2$	-0,747	1,400	-1,046
$Pa_3$	-0,265	0,900	-0,239
$Pa_4$	-0,752	0,267	-0,201
$Pw_1$	0,360	0,200	0,072
$Pp_1$	-2,019	0,267	-0,538
<b><math>\Sigma MGH</math></b>			-0,538

**h. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan**



*Gambar 6.11 Diagram Gaya Vertikal pada Dinding Saluran C\_11*

*Tabel 6.67 Gaya Vertikal dan Momen Tahanan C\_11*

Gaya	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat Jenis (ton/m <sup>3</sup> )	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G1	0,560	2,200	1,232	0,450	0,554
G2	0,050	2,200	0,110	0,050	0,006
G3	0,015	2,200	0,033	0,067	0,002
G4	0,360	2,200	0,792	0,533	0,422
G5	0,540	2,200	1,188	0,250	0,297
G6	0,015	1,531	0,023	0,033	0,001
G7	0,360	1,694	0,610	0,667	0,407
G8	0,400	0,600	0,240	0,600	0,144
<b><math>\Sigma Gv</math></b>			4,228	<b><math>\Sigma MGv</math></b>	1,833



**i. Stabilitas Terhadap Guling**

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum MG_v}{\sum MG_h}$$

Dimana :

SF guling = Faktor keamanan stabilitas terhadap guling

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

**Tabel 6.68 Stabilitas Terhadap Guling C\_11**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	3,404	>1,5	Aman

**j. Stabilitas Terhadap Geser**

$$SF \text{ geser} = \frac{(\sum G_v \cdot \tan \varphi_2) + C_2 \cdot c + (n_p \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \tau \text{ bambu})}{\sum Pa}$$

Dimana :

SF geser = Faktor keamanan stabilitas terhadap geser

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

$\varphi_2$  = Sudut geser dalam tanah lapisan dua (deg)

$C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

c = Lebar dasar pondasi (m)

$n_p$  = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

R = Jari-jari tiang pancang (m)

$\tau$  bambu = Tegangan ijin geser bambu (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum Pa$  = Jumlah tekanan tanah aktif (ton)

**Tabel 6.69 Stabilitas Terhadap Geser C\_11**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	2,624	>2	Aman

**k. Perhitungan Tiang Pancang**

$$DDP = (C_2 \cdot N_{cs} \cdot \pi \cdot R^2) + (C_A \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L)$$

$$\text{Total DDP} = n_p \cdot DDP$$



- Dimana :
- DDP = Daya dukung ijin tiang pancang (ton)
  - Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)
  - $C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua ( $\text{ton/m}^2$ )
  - Ncs = Harga faktor daya dukung, lihat grafik Ncc, Ncs
  - R = jari-jari tiang pancang (m)
  - $C_A$  = Nilai adhesi antara tiang pancang dengan tanah ( $\text{ton/m}^2$ )
  - L = Panjang tiang pancang (m)
  - $n_p$  = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

**Tabel 6.70 Daya Dukung Tiang Pancang C\_11**

Notasi	Besaran (ton)	$n_p$	Total
DDP	1,094	9,000	9,849

**l. Perhitungan Eksentrisitas**

$$e \text{ syarat} = \frac{1}{6} \cdot c$$

$$e = \left(\frac{c}{2}\right) - \left(\frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v}\right)$$

- Dimana :
- e syarat = Eksentrisitas pembebanan yang bekerja di dalam inti pondasi (m)
  - e = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)
  - c = Lebar dasar pondasi (m)
  - $\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)
  - $\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)
  - $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

**Tabel 6.71 Eksentrisitas C\_11**

Notasi	Besaran	Keterangan
$e < c/6$	0,133	
e	0,094	$e < c/6$

**m. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah**

$$Q_{ult} = (C_2 \cdot N_c) + (0,5 \cdot c \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma) + ((\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot N_q)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$



Dimana :

- $Q_{ult}$  = Daya dukung batas (*ultimate*) tanah pondasi ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $Q_{all}$  = Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $c$  = Lebar dasar pondasi (m)  
 $\gamma_1$  = Berat jenis tanah lapisan satu ( $\text{ton/m}^3$ )  
 $\gamma_2$  = Berat jenis tanah lapisan dua ( $\text{ton/m}^3$ )  
 $h_1$  = Kedalaman tanah lapisan satu (m)  
 $h_2$  = Kedalaman tanah lapisan dua (m)  
 $N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung tanah tergantung dari nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) menurut *Vesic, 1973*  
 $SF$  = Faktor keamanan, diambil 1,5

**Tabel 6.72 Faktor Daya Dukung Tanah C\_11**

Faktor Daya Dukung	
$\phi_2$	5,860
$N_c$	6,765
$N_q$	1,656
$N_\gamma$	0,504

**Tabel 6.73 Tegangan Tanah C\_11**

Qult ( $\text{ton/m}^2$ )	Qall ( $\text{ton/m}^2$ )
18,210	12,140

**n. Tegangan Tanah yang Terjadi**

$$W_1 = \left( \frac{\sum G_v - \text{Total}_{DDP}}{L \cdot c} \right)$$

$$W_2 = \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$

$$W_{2'} = \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$

$$q_{\max} = W_1 \cdot W_2$$

$$q_{\min} = W_1 \cdot W_{2'}$$

$$q_x = \left( \frac{(q_{\max} - q_{\min}) \cdot b}{c} \right) + q_{\min}$$

Dimana :



- $q_{\max}$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $q_{\min}$  = Tegangan tanah minimal yang bekerja dibawah dasar pondasi ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $q_x$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )  
 $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)  
 Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)  
 $L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)  
 $c$  = Lebar dasar pondasi (m)  
 $e$  = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)  
 $b$  = Lebar dasar pondasi dikurangi lebar tumit pondasi (m)

**Tabel 6.74 Tegangan Tanah yang Terjadi C\_11**

Notasi	Besaran ( $\text{ton/m}^2$ )	Syarat $q < Q_{all}$	Keterangan
W1	7,026		
W2	1,704		
W2'	0,296		
$q_x$	10,735		
$q_{\max}$	11,971	12,140	<b>Aman</b>
$q_{\min}$	2,081	12,140	<b>Aman</b>

**o. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell**

$$\tau_A = \left( \frac{\sum G_v}{L \cdot h_2} \right)$$

$$\sigma_A = \left( \frac{6 \cdot \sum MG_v}{L \cdot (h_2)^2} \right)$$

Dimana :

$\tau_A$  = Tegangan geser yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )

$\sigma_A$  = Tegangan tekan lentur yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )

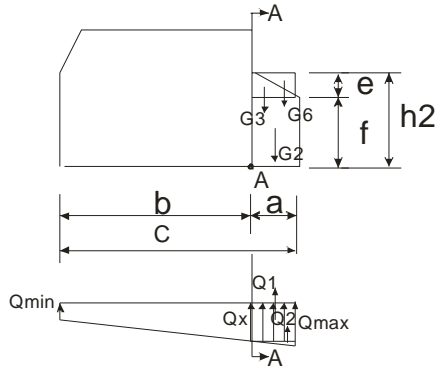
$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton)

$L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

$h_2$  = Tinggi tumit pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton m)





Gambar 6.12 Beban Pada Plat Ujung C\_11

Tabel 6.75 Gaya yang Bekerja pada Irisan A-A C\_11

Gaya	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G2	0,110	0,050	0,006
G3	0,033	0,033	0,001
G6	0,023	0,067	0,002
Q <sub>1</sub>	-1,073	0,050	-0,054
Q <sub>2</sub>	-0,062	0,067	-0,004
Σ	-0,969		-0,050

Tabel 6.76 Tegangan yang Terjadi pada Irisan A-A C\_11

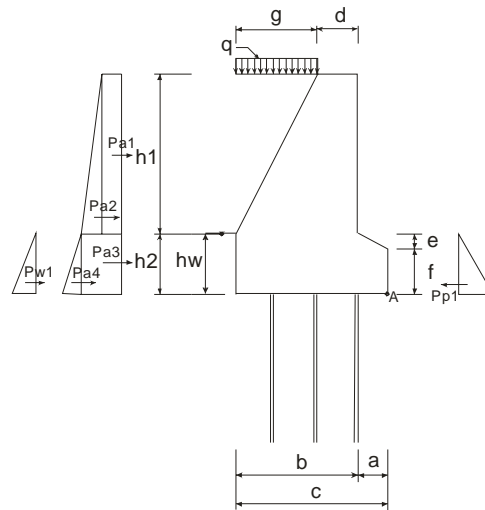
Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
$\tau_A$	1,212	< 20 ton/m <sup>2</sup>	Aman
$\sigma_A$	0,466	< 50 ton/m <sup>2</sup>	Aman





### 3. Perencanaan Saluran C\_13, C\_17, dan C\_23

#### a. Data Saluran



**Gambar 6.13** Penampang Melintang Dinding Saluran C\_13, C\_17, dan C\_23

**Tabel 6.77** Data Saluran C\_13, C\_17, dan C\_23

Notasi	Panjang (m)
a	0,20
b	0,70
c	0,90
d	0,30
e	0,30
f	0,30
g	0,40
h <sub>1</sub>	2,00
h <sub>2</sub>	0,60
hw	0,60
B sal C_13	3,50
B sal C_17	3,00
B sal C_23	2,50



**b. Data Tanah***Tabel 6.78 Data Tanah C\_13, C\_17, dan C\_23*

Notasi	Besaran	Satuan
C <sub>1</sub>	1,810	ton/m <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	1,600	ton/m <sup>2</sup>
Crata-rata	1,705	ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>1</sub>	1,694	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>2</sub>	1,531	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>b</sub>	2,200	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>air</sub>	1,000	ton/m <sup>3</sup>
φ <sub>1</sub>	7,460	deg
φ <sub>2</sub>	5,860	deg

**c. Data Pancang Bambu***Tabel 6.79 Data Pancang Bambu C\_13, C\_17, dan C\_23*

Notasi	Besaran	Satuan
R	0,050	m
L	3,000	m
T bambu	20,000	ton/m <sup>2</sup>
n <sub>p</sub>	9,000	batang
N <sub>cs</sub>	9,000	
C <sub>A</sub>	1,250	ton/m <sup>2</sup>

**d. Data Pembebanan***Tabel 6.80 Data Pembebanan C\_13, C\_17, dan C\_23*

Notasi	Beban (ton/m <sup>2</sup> )
q	0,6

**e. Koefisien Tekanan Tanah**

$$K_a = \tan\left(45\text{deg} - \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45\text{deg} + \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

Dimana :

K<sub>a</sub> = Koefisien tekanan tanah aktif

K<sub>p</sub> = Koefisien tekanan tanah pasif

φ = Sudut geser dalam tanah (deg)



Tabel 6.81 Koefisien Tekanan Tanah  $C_{13}$ ,  $C_{17}$ , dan  $C_{23}$ 

Notasi	Besaran
$Ka_1$	0,770
$Ka_2$	0,815
Ka rata-rata	0,793
$Kp$	1,227
$\sqrt{Ka_1}$	0,878
$\sqrt{Ka_2}$	0,903
$\sqrt{Ka}$ rata-rata	0,891
$\sqrt{Kp}$	1,108
$Kw$	1,000

#### f. Tegangan dan Tekanan Tanah Horizontal

❖ Tegangan tanah :

$$\tau_{a1} = q \cdot Ka_1$$

$$\tau_{a2} = (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot Ka_1) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{Ka_1})$$

$$\tau_{a3} = ((q + (\gamma_1 \cdot h_1)) \cdot Ka_1) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{Ka_1})$$

$$\tau_{a4} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot Ka_2) - (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{Ka_2})$$

$$\tau_{w1} = \gamma_w \cdot K_w \cdot h_w$$

$$\tau_{p1} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot Kp) + (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{Kp})$$

❖ Tekanan tanah horizontal :

$$Pa_1 = \tau_{a1} \cdot h_1$$

$$Pa_2 = \tau_{a2} \cdot h_1 \cdot 0,5$$

$$Pa_3 = \tau_{a3} \cdot h_2$$

$$Pa_4 = \tau_{a4} \cdot h_2 \cdot 0,5$$

$$Pw_1 = \tau_w \cdot h_w \cdot 0,5$$

$$Pp_1 = \tau_{p1} \cdot h_2 \cdot 0,5$$



**Tabel 6.82 Tegangan dan Tekanan Tanah Horizontal C\_13, C\_17, dan C\_23**

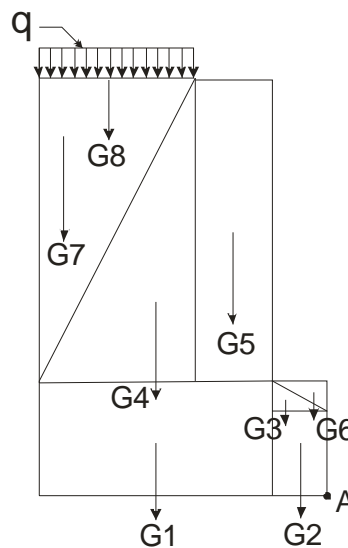
Tegangan	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Tekanan	Besaran (ton)
$T_{a_1}$	0,462	$Pa_1$	0,924
$T_{a_2}$	-0,570	$Pa_2$	-0,570
$T_{a_3}$	0,283	$Pa_3$	0,170
$T_{a_4}$	-1,859	$Pa_4$	-0,558
$T_{w_1}$	0,600	$P_{w_1}$	0,360
$T_{p_1}$	-4,673	$P_{p_1}$	-1,402
<b>Pa total</b>			1,454
<b>Pp total</b>			-2,529

**g. Momen Guling**

**Tabel 6.83 Momen Guling C\_13, C\_17, dan C\_23**

Gaya	Besaran (ton)	Lengan (m)	Momen (ton m)
$Pa_1$	0,924	1,600	1,478
$Pa_2$	-0,570	1,267	-0,721
$Pa_3$	0,170	1,000	0,170
$Pa_4$	-0,558	0,200	-0,112
$P_{w_1}$	0,360	0,200	0,072
$P_{p_1}$	-1,402	0,200	-0,280
<b><math>\Sigma MGH</math></b>			0,607

**h. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan**



**Gambar 6.14 Diagram Gaya Vertikal pada Dinding Saluran C\_13, C\_17, dan C\_23**



**Tabel 6.84 Gaya Vertikal dan Momen Tahanan C\_13, C\_17, dan C\_23**

Gaya	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat Jenis (ton/m <sup>3</sup> )	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G1	0,420	2,200	0,924	0,550	0,508
G2	0,060	2,200	0,132	0,100	0,013
G3	0,030	2,200	0,066	0,133	0,009
G4	0,400	2,200	0,880	0,633	0,557
G5	0,600	2,200	1,320	0,350	0,462
G6	0,030	1,531	0,046	0,067	0,003
G7	0,400	1,694	0,678	0,767	0,519
G8	0,400	0,600	0,240	0,700	0,168
$\Sigma Gv$			4,286	$\Sigma MGv$	2,240

**i. Stabilitas Terhadap Guling**

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum MGv}{\sum MGh}$$

Dimana :

SF guling = Faktor keamanan stabilitas terhadap guling

$\sum MGv$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MGh$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

**Tabel 6.85 Stabilitas Terhadap Guling C\_13, C\_17, dan C\_23**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	3,690	>1,5	Aman

**j. Stabilitas Terhadap Geser**

$$SF \text{ geser} = \frac{(\sum Gv \cdot \tan \varphi_2) + C_2 \cdot c + (n_p \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \tau \text{ bambu})}{\sum Pa}$$

Dimana :

SF geser = Faktor keamanan stabilitas terhadap geser

$\sum Gv$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

$\varphi_2$  = Sudut geser dalam tanah lapisan dua (deg)

$C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

c = Lebar dasar pondasi (m)

$n_p$  = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

R = Jari-jari tiang pancang (m)

$\tau$  bambu = Tegangan ijin geser bambu (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum Pa$  = Jumlah tekanan tanah aktif (ton)



**Tabel 6.86 Stabilitas Terhadap Geser C<sub>13</sub>, C<sub>17</sub>, dan C<sub>23</sub>**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	2,265	>2	Aman

**k. Perhitungan Tiang Pancang**

$$DDP = (C_2 \cdot Ncs \cdot \pi \cdot R^2) + (C_A \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L)$$

$$\text{Total DDP} = n_p \cdot DDP$$

Dimana :

DDP = Daya dukung ijin tiang pancang (ton)

Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)

C<sub>2</sub> = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

Ncs = Harga faktor daya dukung, lihat grafik Ncc, Ncs

R = jari-jari tiang pancang (m)

C<sub>A</sub> = Nilai adhesi antara tiang pancang dengan tanah (ton/m<sup>2</sup>)

L = Panjang tiang pancang (m)

n<sub>p</sub> = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

**Tabel 6.87 Daya Dukung Tiang Pancang C<sub>13</sub>, C<sub>17</sub>, dan C<sub>23</sub>**

Notasi	Besaran (ton)	n <sub>p</sub>	Total
DDP	1,291	9,000	11,615

**l. Perhitungan Eksentrisitas**

$$e \text{ syarat} = \frac{1}{6} \cdot c$$

$$e = \left( \frac{c}{2} \right) - \left( \frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v} \right)$$

Dimana :

e syarat = Eksentrisitas pembebanan yang bekerja di dalam inti pondasi (m)

e = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)

c = Lebar dasar pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)



**Tabel 6.88 Eksentrisitas C<sub>13</sub>, C<sub>17</sub>, dan C<sub>23</sub>**

Notasi	Besaran	Keterangan
$e < c/6$	0,150	
$e$	0,069	$e < c/6$

**m. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah**

$$Q_{ult} = (C_2 \cdot N_c) + (0,5 \cdot c \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma) + ((\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot N_q)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

$Q_{ult}$  = Daya dukung batas (*ultimate*) tanah pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

$Q_{all}$  = Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan (ton/m<sup>2</sup>)

$C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

$c$  = Lebar dasar pondasi (m)

$\gamma_1$  = Berat jenis tanah lapisan satu (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_2$  = Berat jenis tanah lapisan dua (ton/m<sup>3</sup>)

$h_1$  = Kedalaman tanah lapisan satu (m)

$h_2$  = Kedalaman tanah lapisan dua (m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung tanah tergantung dari nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) menurut *Vesic, 1973*

SF = Faktor keamanan, diambil 1,5

**Tabel 6.89 Faktor Daya Dukung Tanah C<sub>13</sub>, C<sub>17</sub>, dan C<sub>23</sub>**

Faktor Daya Dukung	
$\phi_2$	5,860
$N_c$	6,765
$N_q$	1,656
$N_\gamma$	0,504

**Tabel 6.90 Tegangan Tanah C<sub>13</sub>, C<sub>17</sub>, dan C<sub>23</sub>**

Q <sub>ult</sub> (ton/m <sup>2</sup> )	Q <sub>all</sub> (ton/m <sup>2</sup> )
18,303	12,202

**n. Tegangan Tanah yang Terjadi**

$$W_1 = \left( \frac{\sum Gv - Total_{DDP}}{L \cdot c} \right)$$

$$W_2 = \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{c} \right)$$



$$W_2' = \left(1 - \frac{6.e}{c}\right)$$

$$q \text{ max} = W_1 \cdot W_2$$

$$q \text{ min} = W_1 \cdot W_2'$$

$$q_x = \left(\frac{(q \text{ max} - q \text{ min}) \cdot b}{c}\right) + q \text{ min}$$

Dimana :

$q \text{ max}$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

$q \text{ min}$  = Tegangan tanah minimal yang bekerja dibawah dasar pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

$q_x$  = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi pada potongan A-A (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)

$L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

$c$  = Lebar dasar pondasi (m)

$e$  = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)

$b$  = Lebar dasar pondasi dikurangi lebar tumit pondasi (m)

**Tabel 6.91 Tegangan Tanah yang Terjadi C\_13, C\_17, dan C\_23**

Notasi	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Syarat $q < Q_{all}$	Keterangan
W1	8,144		
W2	1,460		
W2'	0,540		
$q_x$	10,223		
$q \text{ max}$	11,886	12,202	<b>Aman</b>
$q \text{ min}$	4,401	12,202	<b>Aman</b>

**o. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell**

$$\tau_A = \left(\frac{\sum G_v}{L \cdot h_2}\right)$$

$$\sigma_A = \left(\frac{6 \cdot \sum MG_v}{L \cdot (h_2)^2}\right)$$

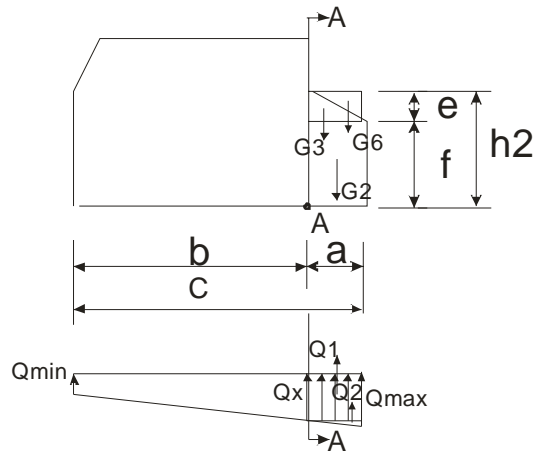
Dimana :

$\tau_A$  = Tegangan geser yang terjadi pada potongan A-A (ton/m<sup>2</sup>)





- $\sigma_A$  = Tegangan tekan lentur yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )
- $\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton)
- $L$  = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)
- $h_2$  = Tinggi tumit pondasi (m)
- $\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton m)



Gambar 6.15 Beban Pada Plat Ujung C\_13, C\_17, dan C\_23

Tabel 6.92 Gaya yang Bekerja pada Irisan A-A C\_13, C\_17, dan C\_23

Gaya	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G2	0,132	0,100	0,013
G3	0,066	0,067	0,004
G6	0,046	0,133	0,006
Q1	-2,045	0,100	-0,204
Q2	-0,166	0,133	-0,022
$\Sigma$	-1,967		-0,203

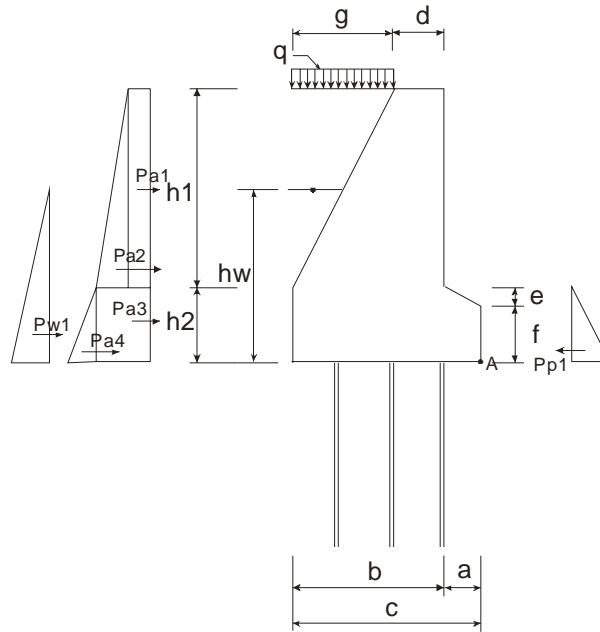
Tabel 6.93 Tegangan yang Terjadi pada Irisan A-A C\_13, C\_17, dan C\_23

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
$T_A$	3,278	$< 20 \text{ ton/m}^2$	Aman
$\sigma_A$	3,382	$< 50 \text{ ton/m}^2$	Aman



4. Perencanaan Saluran C\_22, dan Pond\_02

a. Data Saluran



Gambar 6.16 Penampang Melintang Dinding Saluran C\_22 dan Pond\_02

Tabel 6.94 Data Saluran C\_22 dan Pond\_02

Notasi	Panjang (m)
a	0,75
b	1,60
c	2,35
d	0,30
e	0,30
f	0,30
g	1,30
h <sub>1</sub>	3,00
h <sub>2</sub>	0,60
hw	1,60
B sal C_22	4,50



**b. Data Tanah***Tabel 6.95 Data Tanah C\_22 dan Pond\_02*

Notasi	Besaran	Satuan
C <sub>1</sub>	1,810	ton/m <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	1,600	ton/m <sup>2</sup>
Crata-rata	1,705	ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>1</sub>	1,694	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>2</sub>	1,531	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>b</sub>	2,200	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>air</sub>	1,000	ton/m <sup>3</sup>
φ <sub>1</sub>	7,460	deg
φ <sub>2</sub>	5,860	deg

**c. Data Pancang Bambu***Tabel 6.96 Data Pancang Bambu C\_22 dan Pond\_02*

Notasi	Besaran	Satuan
R	0,050	m
L	4,000	m
T bambu	20,000	ton/m <sup>2</sup>
n <sub>p</sub>	15,000	batang
N <sub>cs</sub>	9,000	
C <sub>A</sub>	1,250	ton/m <sup>2</sup>

**d. Data Pembebanan***Tabel 6.97 Data Pembebanan C\_22 dan Pond\_02*

Notasi	Beban (ton/m <sup>2</sup> )
q	0,6

**e. Koefisien Tekanan Tanah**

$$K_a = \tan\left(45\text{deg} - \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

$$K_p = \tan\left(45\text{deg} + \frac{\varphi}{2}\right)^2$$

Dimana :

K<sub>a</sub> = Koefisien tekanan tanah aktif

K<sub>p</sub> = Koefisien tekanan tanah pasif

φ = Sudut geser dalam tanah (deg)



Tabel 6.98 Koefisien Tekanan Tanah C<sub>22</sub> dan Pond<sub>02</sub>

Notasi	Besaran
Ka <sub>1</sub>	0,770
Ka <sub>2</sub>	0,815
Ka rata-rata	0,793
Kp	1,227
√Ka <sub>1</sub>	0,878
√Ka <sub>2</sub>	0,903
√Ka rata-rata	0,891
√Kp	1,108
Kw	1,000

#### f. Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal

❖ Tegangan tanah :

$$\tau_{a1} = q \cdot K_{a \text{ rata-rata}}$$

$$\tau_{a2} = (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_{a \text{ rata-rata}}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a \text{ rata-rata}}})$$

$$\tau_{a3} = ((q + (\gamma_1 \cdot h_1)) \cdot K_{a2}) - (2 \cdot C_1 \cdot \sqrt{K_{a \text{ rata-rata}}})$$

$$\tau_{a4} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_{a2}) - (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{K_{a \text{ rata-rata}}})$$

$$\tau_{w1} = \gamma_w \cdot h_w \cdot K_w$$

$$\tau_{p1} = (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_p) + (2 \cdot C_2 \cdot \sqrt{K_p})$$

❖ Tekanan tanah horisontal :

$$P_{a1} = \tau_{a1} \cdot h_1$$

$$P_{a2} = \tau_{a2} \cdot h_1 \cdot 0,5$$

$$P_{a3} = \tau_{a3} \cdot h_2$$

$$P_{a4} = \tau_{a4} \cdot h_2 \cdot 0,5$$

$$P_{w1} = \tau_{w1} \cdot h_w \cdot 0,5$$

$$P_{p1} = \tau_{p1} \cdot h_2 \cdot 0,5$$



**Tabel 6.99 Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal C\_22 dan Pond\_02**

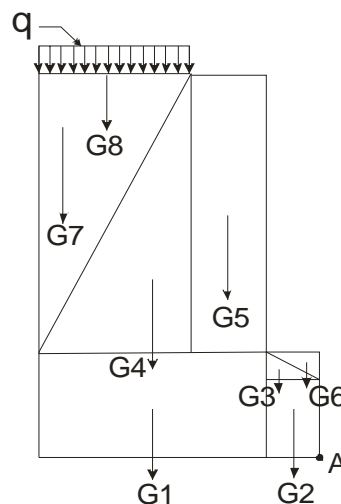
Tegangan	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Tekanan	Besaran (ton)
$\tau_{a_1}$	0,476	$P_{a_1}$	1,427
$\tau_{a_2}$	0,805	$P_{a_2}$	1,207
$\tau_{a_3}$	1,405	$P_{a_3}$	0,843
$\tau_{a_4}$	-2,103	$P_{a_4}$	-0,631
$\tau_{w_1}$	1,600	$P_{w_1}$	1,280
$\tau_{p_1}$	-4,673	$P_{p_1}$	-1,402
<b>Pa total</b>			4,758
<b>Pp total</b>			-2,033

**g. Momen Guling**

**Tabel 6.100 Momen Guling C\_22 dan Pond\_02**

Gaya	Besaran (ton)	Lengan (m)	Momen (ton m)
$P_{a_1}$	1,427	2,100	2,998
$P_{a_2}$	1,207	1,600	1,931
$P_{a_3}$	0,843	0,300	0,253
$P_{a_4}$	-0,631	0,200	-0,126
$P_{w_1}$	1,280	0,800	1,024
$P_{p_1}$	-1,402	0,200	-0,280
<b><math>\Sigma MGH</math></b>			5,799

**h. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan**



**Gambar 6.17 Diagram Gaya Vertikal pada Dinding Saluran C\_22 dan Pond\_02**



**Tabel 6.101 Gaya Vertikal dan Momen Tahanan C\_22 dan Pond\_02**

Gaya	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat Jenis (ton/m <sup>3</sup> )	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G1	0,960	2,200	2,112	1,550	3,274
G2	0,225	2,200	0,495	0,375	0,186
G3	0,113	2,200	0,248	0,500	0,124
G4	1,950	2,200	4,290	1,483	6,364
G5	0,900	2,200	1,980	0,900	1,782
G6	0,113	1,531	0,172	0,250	0,043
G7	1,950	1,694	3,303	1,917	6,331
G8	1,300	0,600	0,780	1,700	1,326
ΣGv			13,380	ΣMGv	19,429

**i. Stabilitas Terhadap Guling**

$$SF \text{ guling} = \frac{\sum MGv}{\sum MGh}$$

Dimana :

SF guling = Faktor keamanan stabilitas terhadap guling

ΣMGv = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

ΣMGh = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)

**Tabel 6.102 Stabilitas Terhadap Guling C\_22 dan Pond\_02**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	3,350	>1,5	Aman

**j. Stabilitas Terhadap Geser**

$$SF \text{ geser} = \frac{(\sum Gv \cdot \tan \varphi_2) + C_2 \cdot c + (n_p \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \tau \text{ bambu}) + \sum Pp}{\sum Pa}$$

Dimana :

SF geser = Faktor keamanan stabilitas terhadap geser

ΣGv = Jumlah gaya vertikal (ton)

φ<sub>2</sub> = Sudut geser dalam tanah lapisan dua (deg)

C<sub>2</sub> = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

c = Lebar dasar pondasi (m)

n<sub>p</sub> = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

R = Jari-jari tiang pancang (m)



$\tau$  bambu = Tegangan ijin geser bambu (ton/m<sup>2</sup>)

$\sum Pa$  = Jumlah tekanan tanah aktif (ton)

$\sum Pp$  = Jumlah tekanan tanah pasif (ton)

**Tabel 6.103 Stabilitas Terhadap Geser C<sub>22</sub> dan Pond<sub>02</sub>**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	2,001	>2	Aman

**k. Perhitungan Tiang Pancang**

$$DDP = (C_2 \cdot Ncs \cdot \pi \cdot R^2) + (C_A \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L)$$

$$\text{Total DDP} = n_p \cdot DDP$$

Dimana :

DDP = Daya dukung ijin tiang pancang (ton)

Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)

C<sub>2</sub> = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

Ncs = Harga faktor daya dukung, lihat grafik Ncc, Ncs

R = jari-jari tiang pancang (m)

C<sub>A</sub> = Nilai adhesi antara tiang pancang dengan tanah (ton/m<sup>2</sup>)

L = Panjang tiang pancang (m)

n<sub>p</sub> = Jumlah tiang pancang tiap satu meter panjang pondasi (batang)

**Tabel 6.104 Daya Dukung Tiang Pancang C<sub>22</sub> dan Pond<sub>02</sub>**

Notasi	Besaran (ton)	n <sub>p</sub>	Total
DDP	1,683	15,000	25,246

**l. Perhitungan Eksentrisitas**

$$e \text{ syarat} = \frac{1}{6} \cdot c$$

$$e = \left( \frac{c}{2} \right) - \left( \frac{\sum MG_v - \sum MG_h}{\sum G_v} \right)$$

Dimana :

e syarat = Eksentrisitas pembebanan yang bekerja di dalam inti pondasi (m)

e = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)

c = Lebar dasar pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal (ton m)

$\sum MG_h$  = Jumlah momen guling akibat gaya horisontal (ton m)



$\Sigma G_v$  = Jumlah gaya vertikal (ton)

**Tabel 6.105 Eksentrisitas C\_22 dan Pond\_02**

Notasi	Besaran	Keterangan
$e < c/6$	0,392	
$e$	0,156	$e < c/6$

**m. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah**

$$Q_{ult} = (C_2 \cdot N_c) + (0,5 \cdot c \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma) + ((\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2) \cdot N_q)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

$Q_{ult}$  = Daya dukung batas (*ultimate*) tanah pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

$Q_{all}$  = Daya dukung tanah pondasi yang diijinkan (ton/m<sup>2</sup>)

$C_2$  = Kohesi tanah lapisan dua (ton/m<sup>2</sup>)

$c$  = Lebar dasar pondasi (m)

$\gamma_1$  = Berat jenis tanah lapisan satu (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_2$  = Berat jenis tanah lapisan dua (ton/m<sup>3</sup>)

$h_1$  = Kedalaman tanah lapisan satu (m)

$h_2$  = Kedalaman tanah lapisan dua (m)

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung tanah tergantung dari nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) menurut *Vesic, 1973*

SF = Faktor keamanan, diambil 1,5

**Tabel 6.106 Faktor Daya Dukung Tanah C\_22 dan Pond\_02**

Faktor Daya Dukung	
$\phi_2$	5,860
$N_c$	6,765
$N_q$	1,656
$N_\gamma$	0,504

**Tabel 6.107 Tegangan Tanah C\_22 dan Pond\_02**

Qult (ton/m <sup>2</sup> )	Qall (ton/m <sup>2</sup> )
21,668	14,445

**n. Tegangan Tanah yang Terjadi**





$$W_1 = \frac{\sum Gv - Total_{DDP}}{c}$$

$$W_2 = \left(1 + \frac{6.e}{c}\right)$$

$$W_2' = \left(1 - \frac{6.e}{c}\right)$$

$$q \text{ max} = W_1 \cdot W_2$$

$$q \text{ min} = W_1 \cdot W_2'$$

$$q_x = \left(\frac{(q \text{ max} - q \text{ min}) \cdot b}{c}\right) + q \text{ min}$$

Dimana :

q max = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

q min = Tegangan tanah minimal yang bekerja dibawah dasar pondasi (ton/m<sup>2</sup>)

qx = Tegangan tanah maksimal yang bekerja dibawah dasar pondasi pada potongan A-A (ton/m<sup>2</sup>)

∑Gv = Jumlah gaya vertikal (ton)

Total DDP = Total daya dukung ijin tiang pancang (ton)

L = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

c = Lebar dasar pondasi (m)

e = Eksentrisitas pembebanan yang terjadi (m)

b = Lebar dasar pondasi dikurangi lebar tumit pondasi (m)

**Tabel 6.108 Tegangan Tanah yang Terjadi C\_22 dan Pond\_02**

Notasi	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Syarat q < Qall	Keterangan
W2'	1,399		
W2	0,601		
W1	5,049		
qx	5,778		
q max akhir	7,065	14,445	Aman
q min akhir	3,034	14,445	Aman

**o. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell**

$$\tau_A = \frac{\sum Gv}{L \cdot h_2}$$



$$\sigma_A = \frac{6 \cdot \sum MG_v}{L \cdot (h_2)^2}$$

Dimana :

$\tau_A$  = Tegangan geser yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )

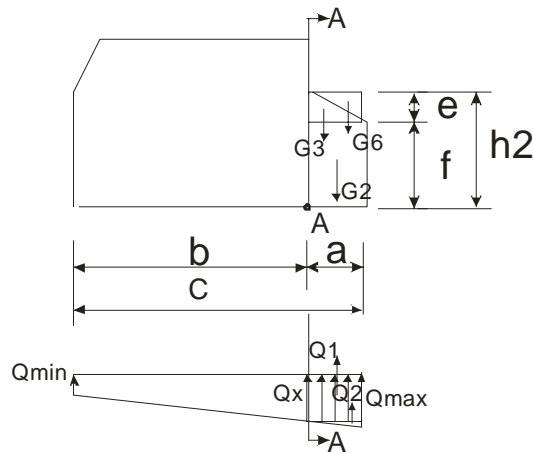
$\sigma_A$  = Tegangan tekan lentur yang terjadi pada potongan A-A ( $\text{ton/m}^2$ )

$\sum G_v$  = Jumlah gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton)

L = Panjang pondasi, diambil satu satuan panjang (m)

$h_2$  = Tinggi tumpuan pondasi (m)

$\sum MG_v$  = Jumlah momen tahanan akibat gaya vertikal yang bekerja pada potongan A-A (ton m)



Gambar 6.18 Beban Pada Plat Ujung C\_22 dan Pond\_02

Tabel 6.109 Gaya yang Bekerja pada Irisan A-A C\_22 dan Pond\_02

Gaya	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G2	0,495	0,375	0,186
G3	0,248	0,301	0,074
G6	0,172	0,602	0,104
Q1	-4,334	0,452	-1,957
Q2	-0,482	0,602	-0,290
$\Sigma$	-3,901		-1,883

Tabel 6.110 Tegangan yang Terjadi pada Irisan A-A C\_22 dan Pond\_02

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
$\tau_A$	6,502	< 20 $\text{ton/m}^2$	Aman
$\sigma_A$	31,387	< 50 $\text{ton/m}^2$	Aman



## 5. Perencanaan Pond\_01

### a. Data Saluran

*Tabel 6.111 Data Struktur Pond\_01*

Notasi	Panjang (m)
a	1,40
b	2,00
c	3,40
d	0,60
e	0,30
f	0,50
g	1,40
h <sub>1</sub>	4,00
h <sub>2</sub>	0,80
hw	2,80

### b. Data Tanah

*Tabel 6.112 Data Tanah Pond\_01*

Notasi	Besaran	Satuan
C <sub>1</sub>	1,810	ton/m <sup>2</sup>
C <sub>2</sub>	1,600	ton/m <sup>2</sup>
Crata-rata	1,705	ton/m <sup>2</sup>
γ <sub>1</sub>	1,694	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>2</sub>	1,531	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>b</sub>	2,200	ton/m <sup>3</sup>
γ <sub>air</sub>	1,000	ton/m <sup>3</sup>
φ <sub>1</sub>	7,460	deg
φ <sub>2</sub>	5,860	deg

### c. Data Pancang Bambu

*Tabel 6.113 Data Pancang Bambu Pond\_01*

Notasi	Besaran	Satuan
R	0,075	m
L	4,000	m
T bambu	20,000	ton/m <sup>2</sup>



np	18,000	batang
Ncs	9,000	
C <sub>A</sub>	1,250	ton/m <sup>2</sup>

**d. Data Pembebanan**

*Tabel 6.114 Data Pembebanan Pond\_01*

Notasi	Beban (ton/m <sup>2</sup> )
q	0,6

**e. Koefisien Tekanan Tanah**

*Tabel 6.115 Koefisien Tekanan Tanah Pond\_01*

Notasi	Besaran
K <sub>a1</sub>	0,770
K <sub>a2</sub>	0,815
K <sub>a</sub> rata-rata	0,793
K <sub>p</sub>	1,227
√K <sub>a1</sub>	0,878
√K <sub>a2</sub>	0,903
√K <sub>a</sub> rata-rata	0,891
√K <sub>p</sub>	1,108
K <sub>w</sub>	1,000

**f. Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal**

*Tabel 6.116 Tegangan dan Tekanan Tanah Horisontal Pond\_01*

Tegangan	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Tekanan	Besaran (ton)
T <sub>a1</sub>	0,476	Pa <sub>1</sub>	1,903
T <sub>a2</sub>	2,148	Pa <sub>2</sub>	4,296
T <sub>a3</sub>	2,786	Pa <sub>3</sub>	2,229
T <sub>a4</sub>	-1,853	Pa <sub>4</sub>	-0,741
T <sub>w1</sub>	2,800	Pw <sub>1</sub>	3,920
T <sub>p1</sub>	-5,048	Pp <sub>1</sub>	-2,019
<b>Pa total</b>			12,348
<b>Pp total</b>			-2,761

**g. Momen Guling**

*Tabel 6.117 Momen Guling Pond\_01*

Gaya	Besaran (ton)	Lengan (m)	Momen (ton m)
------	---------------	------------	---------------



Pa <sub>1</sub>	1,903	2,800	5,329
Pa <sub>2</sub>	4,296	2,133	9,165
Pa <sub>3</sub>	2,229	0,400	0,892
Pa <sub>4</sub>	-0,741	0,267	-0,198
Pw <sub>1</sub>	3,920	1,400	5,488
Pp <sub>1</sub>	-2,019	0,267	-0,538
$\Sigma$ MGH			20,137

#### h. Gaya Vertikal dan Momen Tahanan

*Tabel 6.118 Gaya Vertikal dan Momen Tahanan Pond\_01*

Gaya	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat Jenis (ton/m <sup>3</sup> )	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G1	1,600	2,200	3,520	2,400	8,448
G2	0,700	2,200	1,540	0,700	1,078
G3	0,210	2,200	0,462	0,933	0,431
G4	2,800	2,200	6,160	2,467	15,195
G5	2,400	2,200	5,280	1,700	8,976
G6	0,210	1,531	0,322	0,467	0,150
G7	2,800	1,694	4,743	2,933	13,913
G8	1,400	0,600	0,840	2,700	2,268
$\Sigma$ Gv			22,867	$\Sigma$ MGv	50,459

#### i. Stabilitas Terhadap Guling

*Tabel 6.119 Stabilitas Terhadap Guling Pond\_01*

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	2,506	>1,5	Aman

#### j. Stabilitas Terhadap Geser

*Tabel 6.120 Stabilitas Terhadap Geser Pond\_01*

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
SF	2,030	>2	Aman

#### k. Perhitungan Tiang Pancang

*Tabel 6.121 Daya Dukung Tiang Pancang Pond\_01*

Notasi	Besaran (ton)	np	Total
DDP	2,609	18,000	46,968

#### l. Perhitungan Eksentrisitas

*Tabel 6.122 Eksentrisitas Pond\_01*

Notasi	Besaran	Keterangan
$e < c/6$	0,567	
e	0,374	$e < c/6$



### m. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

**Tabel 6.123 Faktor Daya Dukung Tanah Pond\_01**

Faktor Daya Dukung	
$\phi_2$	5,860
Nc	6,765
Nq	1,656
N $\gamma$	0,504

**Tabel 6.124 Tegangan Tanah Pond\_01**

Qult (ton/m <sup>2</sup> )	Qall (ton/m <sup>2</sup> )
25,385	16,923

### n. Tegangan Tanah yang Terjadi

**Tabel 6.125 Tegangan Tanah yang Terjadi Pond\_01**

Notasi	Besaran (ton/m <sup>2</sup> )	Syarat q < Qall	Keterangan
W2'	1,660		
W2	0,340		
W1	7,089		
qx	7,914		
q max akhir	11,767	16,923	Aman
q min akhir	2,411	16,923	Aman

### o. Stabilitas Terhadap Pecahnya Konstruksi pada Dinding Hell

**Tabel 6.126 Gaya yang Bekerja pada Irisan A-A Pond\_01**

Gaya	Gv (ton)	Lengan (m)	MGv (ton m)
G2	1,540	0,700	1,078
G3	0,462	0,301	0,139
G6	0,322	0,602	0,194
Q <sub>1</sub>	-11,080	0,452	-5,003
Q <sub>2</sub>	-2,697	0,602	-1,623
$\Sigma$	-11,453		-5,215

**Tabel 6.127 Tegangan yang Terjadi pada Irisan A-A Pond\_01**

Notasi	Besaran	Syarat	Keterangan
$\tau_A$	14,316	< 20 ton/m <sup>2</sup>	Aman
$\sigma_A$	48,894	< 50 ton/m <sup>2</sup>	Aman



### 6.2.3 Stabilitas Dinding Saluran Trapesium

Dinding saluran trapesium berupa tanggul dari urugan tanah yang memiliki kemiringan 2 : 1 dan perhitungan stabilitas lerengnya menggunakan *software* GEO-SLOPE metode *bishop*.

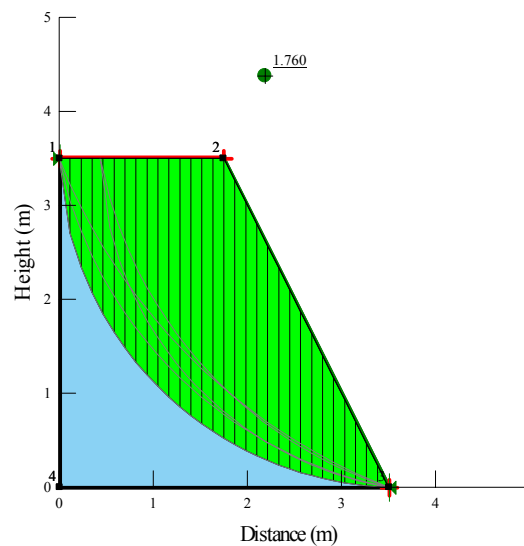
#### 1. Stabilitas Dinding Saluran C\_25

##### a. Data Tanah dan Saluran

Tabel 6.128 Data Tanah dan Saluran C\_25

Notasi	Besaran	Satuan
$C_1$	1,810	ton/m <sup>2</sup>
$\gamma_1$	1,694	ton/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	7,460	deg
H sal	3,500	m
B sal	5,000	m
L sal	794,000	m

Hasil analisis *slip surface* tanggul menggunakan *software* GEO-SLOPE :



**Gambar 6.19 Slip Surface Tanggul Drainase C\_25**

Berdasarkan hasil analisis di atas didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,760 dengan jumlah segmen 30. Berdasarkan Tabel 6.355 dibawah ini didapatkan nilai *safety factor* ijin untuk 30 segmen adalah 1,328.

**Tabel 6.129 Faktor Keamanan**

Method	F of S (6 slices)	F of S (30 slices)
Ordinary Method	1,190	1,222
Bishop's Method	1,316	1,328
Janbu's Method	1,182	1,231

Sumber : GeoStudio Tutorials, 2004

Sehingga tanggul aman dari gelincir karena nilai *safety factor* lebih besar daripada nilai *safety factor* ijin.

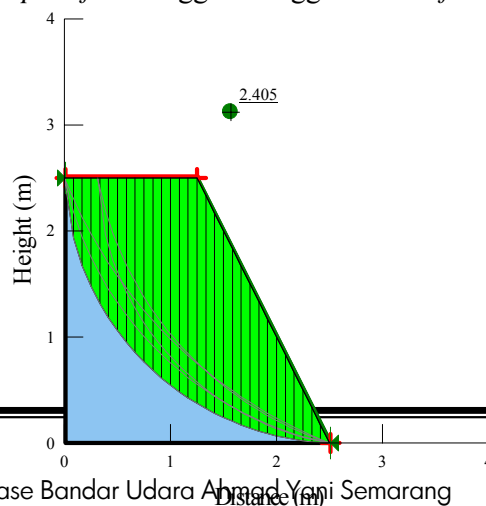
## 2. Stabilitas Dinding Saluran C\_24

### a. Data Tanah dan Saluran

**Tabel 6.130 Data Tanah dan Saluran C\_24**

Notasi	Besaran	Satuan
$C_1$	1,810	ton/m <sup>2</sup>
$\gamma_1$	1,694	ton/m <sup>3</sup>
$\phi_1$	7,460	deg
H sal	2,500	m
B sal	2,800	m
L sal	692,000	m

Hasil analisis *slip surface* tanggul menggunakan *software* GEO-SLOPE:





### ***Gambar 6.20 Slip Surface Tanggul Drainase C\_24***

Berdasarkan hasil analisis di atas didapatkan nilai *safety factor* sebesar 2,405 dengan jumlah segmen 30. Sehingga tanggul aman dari gelincir karena nilai *safety factor* lebih besar daripada nilai *safety factor* ijin.

#### **6.2.4 Perencanaan Kolam Tampungan dan Kapasitas Pompa**

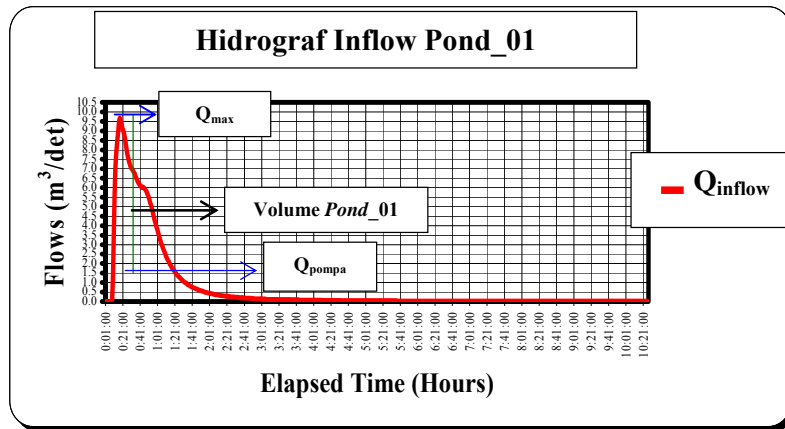
Daerah di sekitar Bandar Udara Ahmad Yani terletak di dataran rendah dekat pantai, banjir atau genangan yang terjadi di daerah tersebut berasal dari air kiriman dari hulu yang meluap dari Sungai Siangker maupun Sungai Silandak, hujan setempat, dan genangan akibat air pasang. Durasi air tinggi di sungai utama tambah panjang, daerah yang rendah yang dikelilingi tanggul saluran utama susah untuk mengeluarkan air ke saluran induk, dan lama genangan tambah panjang. Sehingga daerah ini tidak dapat sepenuhnya mengandalkan sistem drainase gravitasi, maka perlu dilengkapi dengan stasiun pompa. Pompa ini berfungsi untuk membantu mengeluarkan air dari kolam penampungan banjir (*Pond*). Pada kasus sistem drainase pompa, maka debit keluar maksimum sama dengan kapasitas pompa. Mengingat bahwa konstruksi dan biaya operasi pompa sangat mahal, maka luas atau kapasitas kolam penampung harus direncanakan dapat beroperasi selama mungkin.

#### **1. Perencanaan Stasiun Pompa\_01**

##### **a. Data Pompa\_01 dan Kolam Tampungan (*Pond\_01*)**

Kapasitas pompa	= 1,50 m <sup>3</sup> /detik
Luas <i>pond_01</i>	= 10 Ha = 100000 m <sup>2</sup>
Kedalaman <i>pond_01</i>	= 4 m
Volume <i>pond_01</i>	= 100000 m <sup>2</sup> . 4 m = 400000 m <sup>3</sup>





Gambar 6.21 Hidrograf Inflow Pond\_01

Untuk mengetahui volume air maksimum yang terdapat di dalam *Pond\_01* dan kapasitas pompa yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel perhitungan Keseimbangan air di *Pond\_01* pada Sistem Drainase Pompa\_01 sebagai berikut.

Tabel 6.131 Keseimbangan Air di *Pond\_01* pada Sistem Drainase Pompa\_01

Menit Ke	Q <sub>i</sub> m <sup>3</sup> /dtk	Δt menit	VQ <sub>i</sub> m <sup>3</sup>	Pompa 1,5 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2,5 m <sup>3</sup> /dtk	
				VQ <sub>o</sub>	Pond 01	VQ <sub>o</sub>	Pond_01	VQ <sub>o</sub>	Pond 01
				m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
10	3,43	5	514,5	450	64,5	0	514,5	0	514,5
15	8,98	5	1861,5	450	1476	600	1776	750	1626
17	9,68	2	1119,6	180	2415,6	240	2655,6	300	2445,6
20	9,18	3	1697,4	270	3843	360	3993	450	3693
25	7,97	5	2572,5	450	5965,5	600	5965,5	750	5515,5
30	7,06	5	2254,5	450	7770	600	7620	750	7020
45	5,99	15	5872,5	1350	12292,5	1800	11692,5	2250	10642,5
60	3,81	15	4410	1350	15352,5	1800	14302,5	2250	12802,5
120	0,44	60	7650	5400	17602,5	7200	14752,5	9000	11452,5
180	0,14	60	1044	5400	13246,5	7200	8596,5	9000	3496,5
200	0,1	20	144	1800	11590,5	2400	6340,5	3000	640,5
220	0,08	20	108	1800	9898,5	2400	4048,5	0	0
240	0,06	20	84	1800	8182,5	2400	1732,5	0	0
250	0,06	10	36	900	7318,5	1200	568,5	0	0
260	0,05	10	33	900	6451,5	0	0	0	0
280	0,04	20	54	1800	4705,5	0	0	0	0
300	0,03	20	42	1800	2947,5	0	0	0	0
320	0,03	20	36	1800	1183,5	0	0	0	0
330	0,03	10	18	900	301,5	0	0	0	0



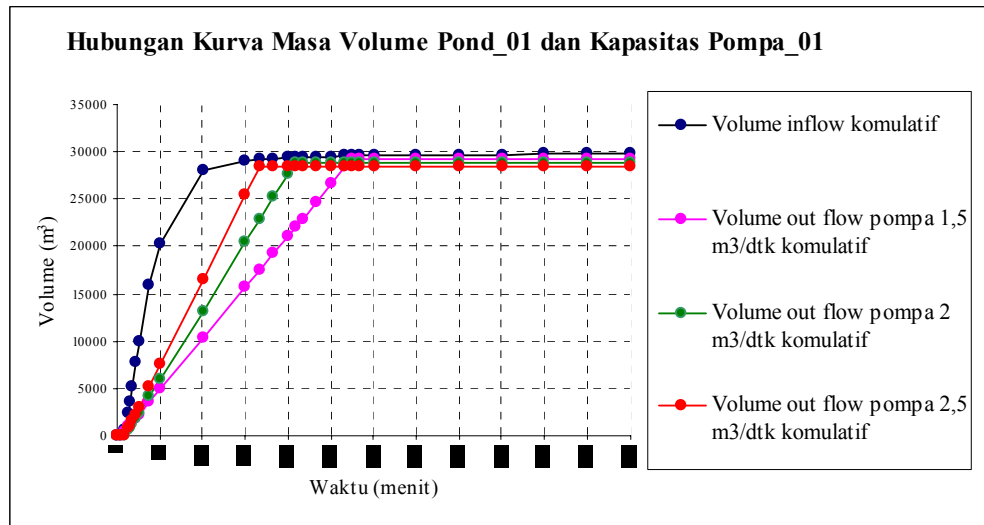
340	0,02	10	15	0	0	0	0	0	0
360	0,02	20	24	0	0	0	0	0	0
420	0,01	60	54	0	0	0	0	0	0
480	0,01	60	36	0	0	0	0	0	0
540	0,01	60	36	0	0	0	0	0	0
600	0,01	60	36	0	0	0	0	0	0
660	0	60	18	0	0	0	0	0	0
720	0	60	0	0	0	0	0	0	0

**Tabel 6.132 Volume Inflow Komulatif dan Outflow Komulatif di Pond\_01 pada Sistem Drainase Pompa\_01**

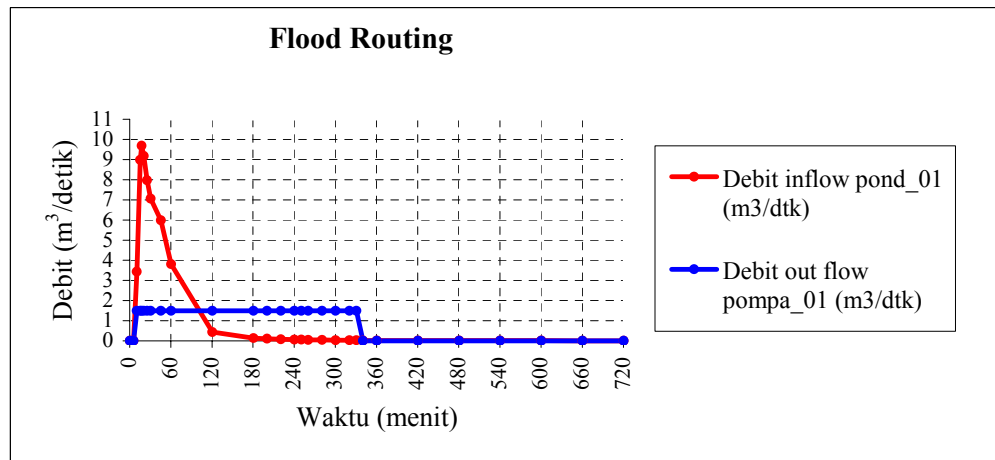
Menit Ke	Volume Inflow		Pompa 1,5 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2,5 m <sup>3</sup> /dtk	
	VQi	VQi Komulatif	VQo	VQo Komulatif	VQo	VQo Komulatif	VQo	VQo Komulatif
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	514,5	514,5	450	450	0	0	0	0
15	1861,5	2376	450	900	600	600	750	750
17	1119,6	3495,6	180	1080	240	840	300	1050
20	1697,4	5193	270	1350	360	1200	450	1500
25	2572,5	7765,5	450	1800	600	1800	750	2250
30	2254,5	10020	450	2250	600	2400	750	3000
45	5872,5	15892,5	1350	3600	1800	4200	2250	5250
60	4410	20302,5	1350	4950	1800	6000	2250	7500
120	7650	27952,5	5400	10350	7200	13200	9000	16500
180	1044	28996,5	5400	15750	7200	20400	9000	25500
200	144	29140,5	1800	17550	2400	22800	3000	28500
220	108	29248,5	1800	19350	2400	25200	0	28500
240	84	29332,5	1800	21150	2400	27600	0	28500
250	36	29368,5	900	22050	1200	28800	0	28500
260	33	29401,5	900	22950	0	28800	0	28500
280	54	29455,5	1800	24750	0	28800	0	28500
300	42	29497,5	1800	26550	0	28800	0	28500
320	36	29533,5	1800	28350	0	28800	0	28500
330	18	29551,5	900	29250	0	28800	0	28500
340	15	29566,5	0	29250	0	28800	0	28500
360	24	29590,5	0	29250	0	28800	0	28500
420	54	29644,5	0	29250	0	28800	0	28500



480	36	29680,5	0	29250	0	28800	0	28500
540	36	29716,5	0	29250	0	28800	0	28500
600	36	29752,5	0	29250	0	28800	0	28500
660	18	29770,5	0	29250	0	28800	0	28500
720	0	29770,5	0	29250	0	28800	0	28500



Gambar 6.22 Hubungan Kurva Masa Volume Pond\_01 dan Kapasitas Pompa\_01



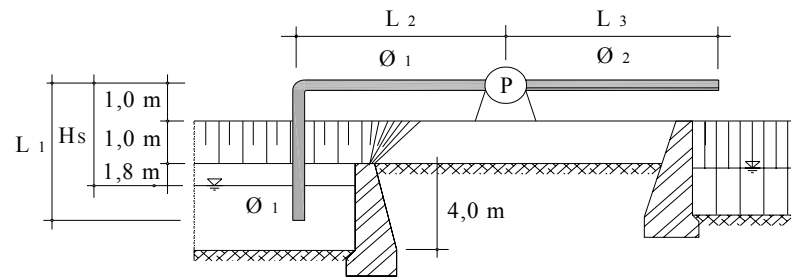
Gambar 6.23 Flood Routing

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, debit banjir maksimum terjadi padamenit ke-17 dengan debit sebesar 9,68 m<sup>3</sup>/detik. Kapasitas kolam yang ada mampu menampung volume air banjir maksimum, maka dipilih pompa



dengan kapasitas terkecil yaitu  $1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan jumlah pompa 1 buah, hal ini dengan pertimbangan untuk memperkecil biaya operasional dan perawatan. Dari grafik *Flood Routing* menunjukkan pompa mulai beroperasi pada menit ke-10 dan berhenti beroperasi pada menit ke-240.

### b. Perhitungan Kehilangan Energi Sepanjang Aliran



**Gambar 6.24 Skema Pompa\_01**

Dimana :

$$Q \text{ pompa} = 1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Panjang pipa hisap } (L_1) = 5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa hisap } (L_2) = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa buang } (L_3) = 4 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa hisap } (\Phi_1) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa buang } (\Phi_2) = 0,5 \text{ m}$$

#### • Penentuan Kecepatan Aliran

$$A_1 = \text{Luas penampang pipa hisap } (\text{m}^2)$$

$$= \pi \cdot r_1^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,25^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$V_s = \text{Kecepatan aliran pada pipa hisap } (\text{m}/\text{detik})$$

$$= \frac{Q \text{ pompa}}{A_1}$$

$$= \frac{1,50}{0,196}$$

$$= 7,653 \text{ m}/\text{detik}$$



Karena  $\Phi_1 = \Phi_2$ , maka kecepatan aliran pipa hisap ( $V_s$ ) = kecepatan aliran pipa buang ( $V_d$ ),

- **Penentuan Koefisien Gesek Pipa**

Tinggi kekasaran pipa baja ( $k_1$ ) = 0,0003 m

Kekentalan kinematik ( $\nu$ ) =  $0,897 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/detik (Temperatur 25°C)

$$\begin{aligned} \text{Angka Reynolds (Re}_1) &= \frac{V_s \cdot \Phi_1}{\nu} \\ &= \frac{7,653 \cdot 0,5}{0,897 \cdot 10^{-6}} \\ &= 4,266 \cdot 10^6 \\ \frac{k_1}{\Phi_1} &= \frac{0,0003}{0,5} \\ &= 6 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Dari  $\frac{k_1}{\Phi_1}$  dan  $Re_1$  didapatkan  $f_1 = 0,018$  (Grafik *Moody*)

Karena  $\Phi_1 = \Phi_2$ , dan  $k_1 = k_2$ , maka koefisien gesek pipa hisap ( $f_1$ ) = koefisien gesek pipa buang ( $f_2$ ),

- **Kehilangan Energi Akibat Pengcilan Penampang ( $hf_1$ )**

$$\begin{aligned} hf_1 &= K \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 0,5 \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 1,494 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa 1 ( $hf_2$ )**

$$\begin{aligned} hf_2 &= f_1 \cdot \left( \frac{L_1}{\Phi_1} \right) \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 0,018 \cdot \left( \frac{5}{0,5} \right) \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 0,538 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Belokan Pipa ( $hf_3$ )**

$$\begin{aligned} hf_3 &= K \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 1 \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \end{aligned}$$



$$= 2,988 \text{ m}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa 2 ( $hf_4$ )**

$$\begin{aligned} hf_4 &= f_1 \cdot \left( \frac{L_2}{\Phi_1} \right) \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 0,018 \cdot \left( \frac{3}{0,5} \right) \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 0,323 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa 3 ( $hf_5$ )**

$$\begin{aligned} hf_5 &= f_2 \cdot \left( \frac{L_3}{\Phi_2} \right) \cdot \left( \frac{V_d^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 0,018 \cdot \left( \frac{4}{0,5} \right) \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 0,430 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang ( $hf_6$ )**

$$\begin{aligned} hf_6 &= K \cdot \left( \frac{V_d^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 1 \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 2,988 \text{ m} \end{aligned}$$

**c. Perhitungan Tinggi Tekan Monometrik ( $H_m$ )**

$$H_m = H_s + \sum hf$$

Dimana :

$H_s$  = Total tinggi tekan statis (m)

$\sum hf$  = Total kehilangan energi (m)

$$\begin{aligned} H_m &= 3,8 + (1,494 + 0,538 + 2,988 + 0,323 + 0,430 + 2,988) \\ &= 3,8 + 8,761 \\ &= 12,51 \text{ m} \end{aligned}$$

**d. Perhitungan Daya Pompa ( $P$ )**

$$P = \frac{\gamma_w \cdot Q_{\text{pompa}} \cdot H_m}{\eta}$$

Dimana :

$P$  = Daya pompa (HP)

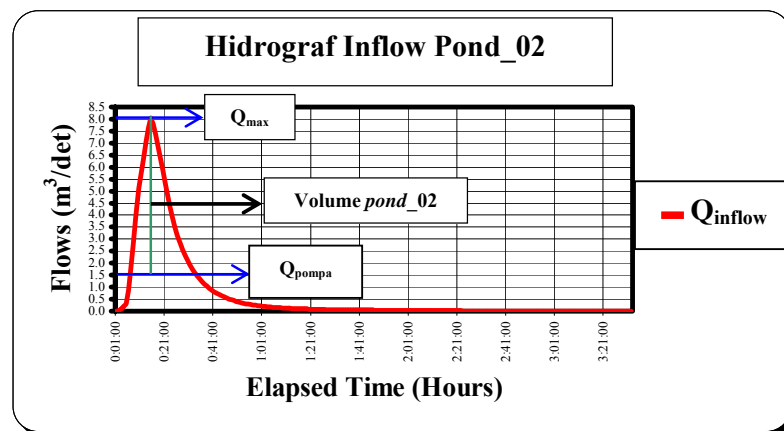


$$\begin{aligned} \gamma_w &= \text{Berat jenis air (kg/m}^3\text{)} \\ Q_{\text{pompa}} &= \text{Debit pompa (m}^3\text{/detik)} \\ H_m &= \text{Tinggi tekan monometrik (m)} \\ \eta &= \text{Efisiensi (diambil 85\%)} \\ P &= \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 12,51}{0,85} \\ &= 22076,471 \text{ (kg m/detik)} \\ &= 294,353 \text{ HP} \approx 295 \text{ HP} \end{aligned}$$

## 2. Perencanaan Stasiun Pompa\_02

### a. Data Pompa\_02 dan Kolam Tampung (Pond\_02)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pompa} &= 1,50 \text{ m}^3\text{/detik} \\ \text{Luas } pond\_02 &= 0,36 \text{ Ha} \\ &= 3600 \text{ m}^2 \\ \text{Kedalaman } pond\_02 &= 3 \text{ m} \\ \text{Volume } pond\_02 &= 3600 \text{ m}^2 \cdot 3 \text{ m} \\ &= 10800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



**Gambar 6.25 Hidrograf Inflow Pond\_02**

Untuk mengetahui volume air maksimum yang terdapat di dalam *Pond\_02* dan kapasitas pompa yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel perhitungan Keseimbangan air di *Pond\_02* pada Sistem Drainase Pompa\_02 sebagai berikut.





**Tabel 6.133 Keseimbangan Air di Pond\_02 pada Sistem Drainase Pompa\_02**

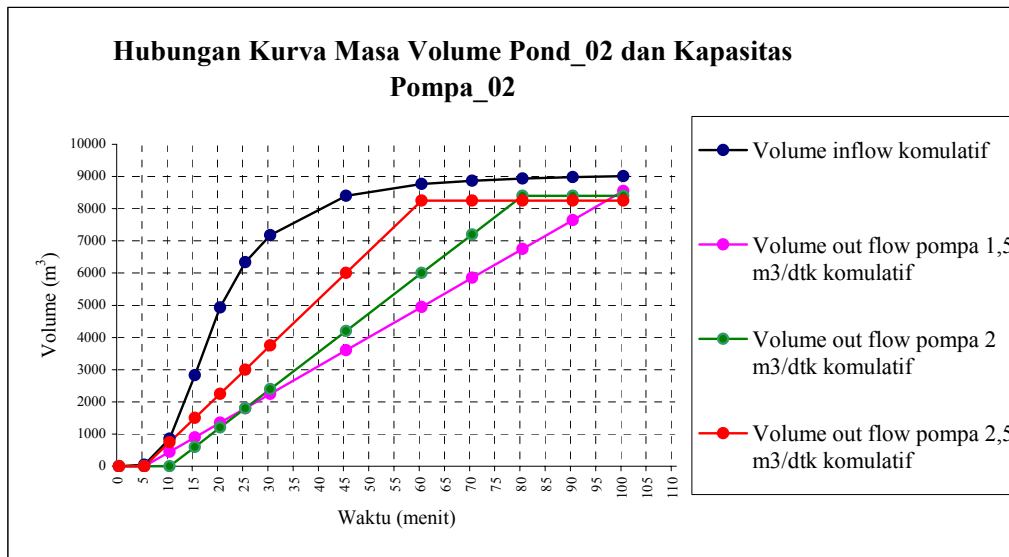
Menit Ke	Qi	Δt	VQi	Pompa 1,5 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2,5 m <sup>3</sup> /dtk	
				VQo	Pond_02	VQo	Pond_02	VQo	Pond_02
	m <sup>3</sup> /dtk	menit	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,3	5	45	0	45	0	45	0	45
10	5,11	5	811,5	450	406,5	0	856,5	750	106,5
15	8,06	5	1975,5	450	1932	600	2232	750	1332
20	5,9	5	2094	450	3576	600	3726	750	2676
25	3,5	5	1410	450	4536	600	4536	750	3336
30	2,13	5	844,5	450	4930,5	600	4780,5	750	3430,5
45	0,59	15	1224	1350	4804,5	1800	4204,5	2250	2404,5
60	0,22	15	364,5	1350	3819	1800	2769	2250	519
70	0,13	10	105	900	3024	1200	1674	0	0
80	0,08	10	63	900	2187	1200	537	0	0
90	0,06	10	42	900	1329	0	0	0	0
100	0,04	10	30	900	459	0	0	0	0
110	0,03	10	21	0	0	0	0	0	0
120	0,02	10	15	0	0	0	0	0	0
180	0,01	60	54	0	0	0	0	0	0
240	0	60	18	0	0	0	0	0	0
300	0	60	0	0	0	0	0	0	0

**Tabel 6.134 Volume Inflow Komulatif dan Outflow Komulatif di Pond\_02 pada Sistem Drainase Pompa\_02**

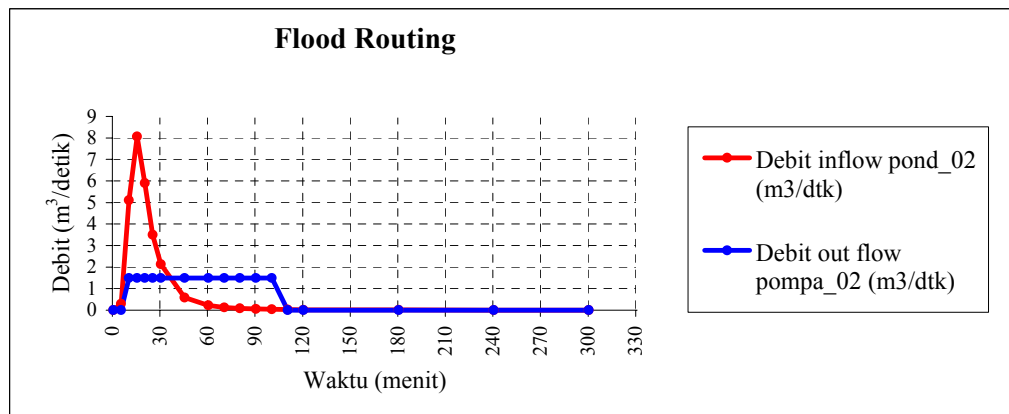
Menit Ke	Volume Inflow		Pompa 1,5 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2 m <sup>3</sup> /dtk		Pompa 2,5 m <sup>3</sup> /dtk	
	VQi	VQi Komulatif	VQo	VQo Komulatif	VQo	VQo Komulatif	VQo	VQo Komulatif
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	45	45	0	0	0	0	0	0
10	811,5	856,5	450	450	0	0	750	750
15	1976	2832	450	900	600	600	750	1500
20	2094	4926	450	1350	600	1200	750	2250
25	1410	6336	450	1800	600	1800	750	3000
30	844,5	7180,5	450	2250	600	2400	750	3750
45	1224	8404,5	1350	3600	1800	4200	2250	6000
60	364,5	8769	1350	4950	1800	6000	2250	8250
70	105	8874	900	5850	1200	7200	0	8250
80	63	8937	900	6750	1200	8400	0	8250



90	42	8979	900	7650	0	8400	0	8250
100	30	9009	900	8550	0	8400	0	8250
110	21	9030	0	8550	0	8400	0	8250
120	15	9045	0	8550	0	8400	0	8250
180	54	9099	0	8550	0	8400	0	8250
240	18	9117	0	8550	0	8400	0	8250
300	0	9117	0	8550	0	8400	0	8250



Gambar 6.26 Hubungan Kurva Masa Volume Pond\_02 dan Kapasitas Pompa\_02



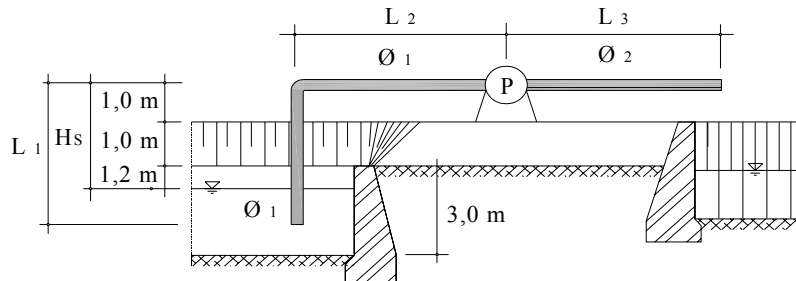
Gambar 6.27 Flood Routing

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, debit banjir maksimum terjadi padamenit ke-15 dengan debit sebesar 8,06 m<sup>3</sup>/detik. Kapasitas kolam yang ada mampu menampung volume air banjir maksimum, maka dipilih pompa



dengan kapasitas terkecil yaitu  $1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$  dengan jumlah pompa 1 buah, hal ini dengan pertimbangan untuk memperkecil biaya operasional dan perawatan. Dari grafik *Flood Routing* menunjukkan pompa mulai beroperasi pada menit ke-10 dan berhenti beroperasi pada menit ke-110.

### b. Perhitungan Kehilangan Energi Sepanjang Aliran



**Gambar 6.28 Skema Pompa\_02**

Dimana :

$$Q \text{ pompa} = 1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Panjang pipa hisap } (L_1) = 4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa hisap } (L_2) = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa buang } (L_3) = 4 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa hisap } (\Phi_1) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa buang } (\Phi_2) = 0,5 \text{ m}$$

#### • Penentuan Kecepatan Aliran

$$A_1 = \text{Luas penampang pipa hisap } (\text{m}^2)$$

$$= \pi \cdot r_1^2$$

$$= 3,14 \cdot 0,25^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2$$

$$V_s = \text{Kecepatan aliran pada pipa hisap } (\text{m}/\text{detik})$$

$$= \frac{Q \text{ pompa}}{A_1}$$

$$= \frac{1,50}{0,196}$$

$$= 7,653 \text{ m}/\text{detik}$$



Karena  $\Phi_1 = \Phi_2$ , maka kecepatan aliran pipa hisap ( $V_s$ ) = kecepatan aliran pipa buang ( $V_d$ ),

- **Penentuan Koefisien Gesek Pipa**

Tinggi kekasaran pipa baja ( $k_1$ ) = 0,0003 m

Kekentalan kinematik ( $\nu$ ) =  $0,897 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/detik (Temperatur 25°C)

$$\begin{aligned} \text{Angka Reynolds (Re}_1\text{)} &= \frac{V_s \cdot \Phi_1}{\nu} \\ &= \frac{7,653 \cdot 0,5}{0,897 \cdot 10^{-6}} \\ &= 4,266 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{k_1}{\Phi_1} &= \frac{0,0003}{0,5} \\ &= 6 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Dari  $\frac{k_1}{\Phi_1}$  dan  $Re_1$  didapatkan  $f_1 = 0,018$  (Grafik *Moody*)

Karena  $\Phi_1 = \Phi_2$ , dan  $k_1 = k_2$ , maka koefisien gesek pipa hisap ( $f_1$ ) = koefisien gesek pipa buang ( $f_2$ ).

- **Kehilangan Energi Akibat Pengecilan Penampang ( $hf_1$ )**

$$\begin{aligned} hf_1 &= K \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 0,5 \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 1,494 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa 1 ( $hf_2$ )**

$$\begin{aligned} hf_2 &= f_1 \cdot \left( \frac{L_1}{\Phi_1} \right) \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right) \\ &= 0,018 \cdot \left( \frac{4}{0,5} \right) \cdot \left( \frac{7,653^2}{2 \cdot 9,80} \right) \\ &= 0,430 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Belokan Pipa ( $hf_3$ )**

$$hf_3 = K \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right)$$



$$= 1 \cdot \left( \frac{7,653^2}{2,9,80} \right)$$

$$= 2,988 \text{ m}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa 2 (hf<sub>4</sub>)**

$$hf_4 = f_1 \cdot \left( \frac{L_2}{\Phi_1} \right) \cdot \left( \frac{V_s^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$= 0,018 \cdot \left( \frac{3}{0,5} \right) \cdot \left( \frac{7,653^2}{2,9,80} \right)$$

$$= 0,323 \text{ m}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Gesekan pada Pipa 3 (hf<sub>5</sub>)**

$$hf_5 = f_2 \cdot \left( \frac{L_3}{\Phi_2} \right) \cdot \left( \frac{V_d^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$= 0,018 \cdot \left( \frac{4}{0,5} \right) \cdot \left( \frac{7,653^2}{2,9,80} \right)$$

$$= 0,430 \text{ m}$$

- **Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang (hf<sub>6</sub>)**

$$hf_6 = K \cdot \left( \frac{V_d^2}{2 \cdot g} \right)$$

$$= 1 \cdot \left( \frac{7,653^2}{2,9,80} \right)$$

$$= 2,988 \text{ m}$$

**c. Perhitungan Tinggi Tekan Monometrik (H<sub>m</sub>)**

$$H_m = H_s + \sum hf$$

Dimana :

H<sub>s</sub> = Total tinggi tekan statis (m)

$\sum hf$  = Total kehilangan energi (m)

$$H_m = 3,2 + (1,494 + 0,430 + 2,988 + 0,323 + 0,430 + 2,988)$$

$$= 3,2 + 8,653$$

$$= 11,853 \text{ m}$$

**d. Perhitungan Daya Pompa (P)**

$$P = \frac{\gamma_w \cdot Q_{\text{pompa}} \cdot H_m}{\eta}$$

Dimana :



---

---

P = Daya pompa (HP)

$\gamma_w$  = Berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q_{\text{pompa}}$  = Debit pompa ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$H_m$  = Tinggi tekan monometrik (m)

$\eta$  = Efisiensi (diambil 85%)

P =  $\frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 11,853}{0,85}$   
= 20917,059 (kg m/detik)  
= 278,894 HP  $\approx$  279 HP

