

BAB V PERENCANAAN TEKNIS PINTU AIR

5.1. PERHITUNGAN CURAH HUJAN RATA - RATA

Di lihat dari keadaan topografi DAS yang berbukit-bukit, maka cara yang digunakan untuk menghitung curah hujan adalah cara Poligon Thiesen, dimana luas DAS adalah 203,38 km².

PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN MAXIMUM TIAP TAHUNAN CARA POLIGON THIESEN (DARI STASIUN POS HUJAN SWS JRATUNSELUNA)

Tabel 5.01

Thn	Pos No.70a Pagersari 53,67 km ² (26,39%)	Pos No.64 Susukan 16,83 km ² (8,28%)	Pos No.46 Gunungpati 84,15 km ² (41,37%)	Pos No.42 Kalisari 48,73 km ² (23,96%)	Maximum harian rata ² (100%)
1980	80	379	181	202	175,81
1981	150	128	197	253	192,30
1982	142	142	149	149	146,57
1983	155	130	83	126	116,23
1984	125	105	106	157	123,17
1985	125	136	198	262	188,94
1986	99	137	134	108	118,77
1987	78	179	149	153	133,71
1988	129	127	175	208	166,79
1989	89	142	136	150	127,45
1990	117	128	179	132	147,12
1991	90	149	107	138	113,44
1992	72	104	102	98	93,31
1993	75	127	63	182	99,98
1994	90	97	132	111	112,97

5.2. ANALISIS CURAH HUJAN

5.2.1. Distribusi Curah Hujan Wilayah / Daerah.

Curah hujan yang diperlukan untuk menyusun suatu rencana pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di suatu daerah yang bersangkutan, jadi bukan merupakan curah hujan di suatu titik tertentu saja.

Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/ daerah dan dinyatakan dalam milimeter. Perhitungan curah hujan ini dimaksudkan untuk memperoleh besarnya hujan dalam suatu periode tertentu untuk perencanaan banjir terhadap bangunan pintu air. Misalnya R.50 tahun, R. 100 tahun dan sebagainya.

5.2.2. Analisa Sebaran Curah Hujan Rencana

Diketahui data-data curah hujan maksimum harian dari tahun 1980 - 1994 sesudah diurutkan adalah sebagai berikut:

Tabel 5.02 : Analisa Sebaran

No.	Tahun	X_i	$(X_i - X)^2$	$(X_i - X)^3$
1	1980	176	1521	59319
2	1981	192	3025	166375
3	1982	147	100	1000
4	1983	116	441	-9261
5	1984	123	196	-2744
6	1985	189	2704	149608
7	1986	119	324	-5832
8	1987	134	9	-27
9	1988	167	900	27000
10	1989	127	100	-1000
11	1990	147	100	1000
12	1991	113	576	-13824
13	1992	93	1936	-75184
14	1993	100	1369	-50653
15	1994	113	576	-13824
Σ		2056	12877	281953

Dari data yang tersedia terdapat:

$$\text{Nilai tengah (mean), } X = \frac{2056}{15} \approx 137 \text{ mm}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{12877}{14}} = 30,33 \approx 30$$

$$\text{Asimetri (skewness), } C_s = \frac{15.281953}{14.13.30^3} = 0,861$$

$$C_v = \frac{30}{137} = 0,219$$

Memperhatikan nilai C_s dan C_v menunjukkan bahwa tidak adanya sifat khas yang dapat dipergunakan untuk memperkirakan jenis agihan data diatas, maka diandaikan agihan log-Pearson tipe III akan memadai.

5.2.3. Analisis Frekwensi LOG-PEARSON TYPE III

Dalam hal ini menghitung curah hujan dengan periode ulang tertentu digunakan rumus :

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log } X + K \cdot S_{\log X}$$

Nilai rata-rata :

$$\text{Log } X = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$$

Standart Deviasi :

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{n - 1}}$$

dimana :

X_{Tr} = curah hujan dalam periode ulang T tahun (mm).

n = Jumlah pengamatan.

K = Koefisien yang dapat dilihat dari tabel yang besarnya tergantung dari harga dan periode ulang yang dikehendaki.

$$g_{\log X} = \frac{n \cdot \sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot (S_{\log X})^3}$$

= Koefisien kemiringan

PERHITUNGAN DARI NILAI EXTRIM LOG PEARSON III

Tabel 5.03

Tr	Xi	log Xi	logXi-logX	(logXi-logX) ²	(logXi-logX) ³
1980	176	2,2455	+0,1195	0,01428	+1,706.10 ⁻³
1981	192	2,2833	+0,1573	0,02474	+3,892.10 ⁻³
1982	147	2,1673	+0,0413	0,00171	+7,045.10 ⁻⁵
1983	116	2,0645	-0,0615	0,00378	-2,326.10 ⁻⁴
1984	123	2,0899	-0,0361	0,00130	-4,705.10 ⁻⁵
1985	189	2,2765	+0,1505	0,02265	+3,409.10 ⁻³
1986	119	2,0755	-0,0505	0,00255	-1,288.10 ⁻⁴
1987	134	2,1271	-0,0011	1,21.10 ⁻⁶	-1,331.10 ⁻⁹
1988	167	2,2227	+0,0967	0,00935	+9,042.10 ⁻⁴
1989	127	2,1038	-0,0222	0,00049	-1,094.10 ⁻⁵
1990	147	2,1673	+0,0413	0,00171	+7,045.10 ⁻⁵
1991	113	2,0531	-0,0729	0,00531	-3,874.10 ⁻⁴
1992	93	1,9685	-0,1575	0,02481	-3,908.10 ⁻³
1993	100	2,0000	-0,1260	0,01587	-2,000.10 ⁻³
1994	113	2,0531	-0,0729	0,00531	-3,874.10 ⁻⁴
2056	31,8901			0,14315	-2,5266.10 ⁻³

$$X = \frac{2056}{15} = 137,07 = 137 \text{ mm}$$

$$\log X = \frac{31,8901}{15} = 2,1260$$

$$S \log X = \sqrt{\frac{0,14315}{14}} = 0,101118742$$

$$G \log X = \frac{15 \cdot (-2,5266 \cdot 10^{-3})}{14 \cdot 13 \cdot (0,101118742)^3} = -0,2014 \approx -0,2$$

$$\log X_{Tr} = \log X + K \cdot S \log X$$

Selanjutnya hasil perhitungan disajikan dalam tabel

CURAH HUJAN RENCANA MENURUT KALA ULANG T_r

=====

Tabel 5. 04

=====

T_r	K	$S_{\log X}$	$\log X$	$K.S_{\log X}$	$\log X_{T_r}$	X_{T_r}
5	0,850	0,10112	2,126	0,085952	2,2119	162,912
10	1,258	0,10112	2,126	0,127209	2,2532	179,147
25	1,680	0,10112	2,126	0,169882	2,2958	197,643
50	1,945	0,10112	2,126	0,196678	2,3227	210,222
100	2,178	0,10112	2,126	0,220239	2,3462	221,942

=====

Berdasarkan pada analisa sebaran yang telah dikemukakan diatas, maka besarnya curah hujan rencana yang dipakai adalah curah hujan dengan kala ulang 25 tahun.
 $X_{25} = 197,643 \approx 198$ mm.

5.3. ANALISIS DEBIT BANJIR RENCANA

Dalam perhitungan besarnya debit banjir rencana dengan periode ulang 5, 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun (sesuai dengan analisis curah hujan), digunakan pendekatan terpilih, yaitu: Metode FSR JAWA - SUMATRA, adapun analisisnya sebagai berikut

Metode FSR JAWA - SUMATRA.

Besarnya debit banjir untuk periode ulang T_r tahun dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{T_r} = GF (T.AREA) * MAF$$

dimana :

Q_{T_r} = Debit banjir rencana dengan periode ulang T tahun.

$GF (T.AREA)$ = Growth Faktor, diambil dari tabel.

$$\begin{aligned} \text{MAF} &= \text{Debit maksimum rata-rata tahunan.} \\ &= 8 * 10^{-6} * \text{AREA}^V * \text{APBR}^{2,445} * \text{SIMS}^{0,117} \\ &\quad * (1 + \text{LAKE})^{-0,85} \end{aligned}$$

$$V = 1,02 - 0,0275 \text{ Log } 10 (\text{AREA})$$

$$\text{APBR} = \text{PBAR} * \text{ARF}$$

Tabel 5. 05: Luas DAS dengan ARF

Luas DAS (Km ²)	ARF
1 - 10	0,99
10 - 30	0,97
30 - 30000	1,152 - 0,1233 Log A

SIMS = Index kemiringan = H / MSL (m/km)

LAKE = 0

dimana :

AREA = Luas daerah sungai (km²)
= 203,38 km²

PBAR = Hujan terpusat maksimum rata-rata tahunan selama 24 jam, (diperoleh dari data hujan).
= 198 mm

APBR = Hujan maksimum rata-rata tahunan yang mewakili catchment area selama 24 jam, (mm).

LAKE = Index danau (diambil = 0,00)

ARF = Faktor reduksi
Berdasarkan luas DAS, diambil 0,867.

H = Beda tinggi antara titik pengamatan dan ujung sungai tertinggi (m) = 406,35 m.

MSL = Jarak terbesar dari tempat pengamatan sampai batas terjauh di daerah pengaliran diukur sepanjang sungai.
= 31 Km.

Prosedur perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{APBR} &= \text{PBAR} * \text{ARF} \\ &= 198 * 0,867 = 171,666 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SIMS} &= H / \text{MSL} \\ &= 406,35 / 31 = 13,108 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= 1.02 - 0.0275 \log 203,38 \\
 &= 0.956 \\
 \text{MAF} &= 8 \times 10^{-6} \times 203,38^{0.956} \times 171,666^{2.445} \times \\
 &\quad 13,108^{0.117} \times (1 + 0)^{-0.85} \\
 &= 506,276 \text{ m}^3/\text{dt}.
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan disajikan dalam tabel :

Tabel 5. 06 : Growth Factors (T.AREA)

Periode Ulang (tahun)	Luas DAS (Km ²)					
	<100	300	600	900	1200	>1500
5	1.28	1.27	1.24	1.22	1.19	1.17
10	1.56	1.54	1.48	1.44	1.41	1.37
20	1.88	1.88	1.75	1.70	1.64	1.59
50	2.35	2.30	2.18	2.10	2.03	1.95
100	2.78	2.72	2.57	2.47	2.37	2.27
200	3.27	3.20	3.01	2.89	2.78	2.66
500	4.01	3.92	3.70	3.56	3.41	3.27
1000	4.68	4.58	4.32	4.16	4.01	3.85

Tabel 5.07 : Debit banjir rencana menurut kala ulang

Tr (tahun)	GF (T.AREA) (tabel)	MAF (m ³ /dt)	Q _{Tr} = GF (AREA)*MAF (m ³ /dt)
5	1,27	506,276	642,970
10	1,54	506,276	779,665
20	1,88	506,276	951,798
25	1,96	506,276	992,300
50	2,30	506,276	1164,435
100	2,72	506,276	1377,071

(Sumber : 'METODE PERHITUNGAN DEBIT BANJIR' Departemen Pekerjaan Umum, 1989, hal: 34)

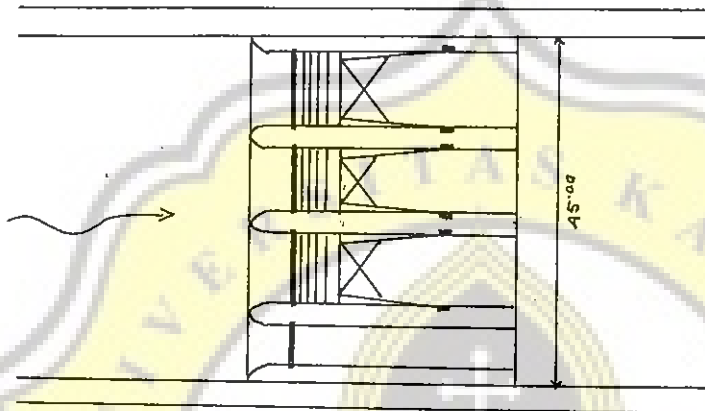
Dengan mempertimbangkan beberapa faktor hidro-ekonomis antara lain:

- a. Besarnya kerugian yang diderita jika bangunan tersebut rusak akibat banjir.
- b. Umur ekonomis bangunan.
- c. Biaya pembangunan.

dan didasarkan pada data lapangan, debit banjir terbesar yang pernah terjadi hingga tahun 1996 yaitu sebesar $1022 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka dipilih banjir rencana dengan kala ulang 25 tahun (Q_{25}) = $1164,435 \approx 1165 \text{ m}^3/\text{dt}$.

5.4. MENENTUKAN ELEVASI MUKA AIR RENCANA.

5.4.1. Menentukan Lebar Efektif Bendung.



Gambar 5.01 : Sket denah bendung

Lebar efektif bendung dihitung dengan rumus :

$$B_{\text{eff}} = B - 2 (n \cdot k_p + k_a) \cdot H_1$$

(Sumber : 'Standart Perencanaan Irigasi', Kriteria Perencanaan - Bangunan Utama KP.02, hal 38 - 39)

Dimana :

B_{eff} = Lebar efektif mercu (m)

B = Lebar mercu sebenarnya (m)

n = Jumlah pilar = 4

k_p = Koefisien kontraksi pilar = 0,01

k_a = Koefisien kontraksi pangkal bendung = 0

H_1 = Tinggi energi di hulu

B = 45 m

5.4.2. Perhitungan Tinggi Muka Air Maximum Di Hulu Bendung.

Rumus :

$$Q = C.h.B_{eff} \sqrt{2g.H_1}$$

Dimana :

- Q = Debit banjir rencana 1165 m³/dt
- B_{eff} = Lebar efektif
- g = Besaran grafitasi 9,8 m/dt
- H₁ = Tinggi muka air di depan pintu
- h = Tinggi bukaan pintu 3 m
- r = Jari-jari radial 12 m
- a = Jarak as pintu sampai lantai bendung 10 m

Dengan menggunakan gambar 5.03, dimana:

$$\frac{a}{r} = \frac{10}{12} = 0,833 \approx 0,9 ; \quad \frac{y_2}{r} = \frac{4,2}{12} = 0,35 \approx 0,5$$

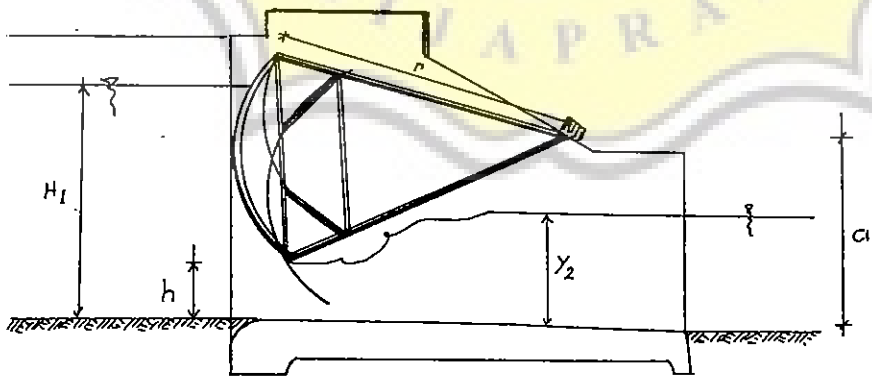
$$\frac{h}{r} = \frac{1,5}{12} = 0,125 \approx 0,1$$

Dengan cara coba-coba dengan menggunakan H₁ = 12,6 m,

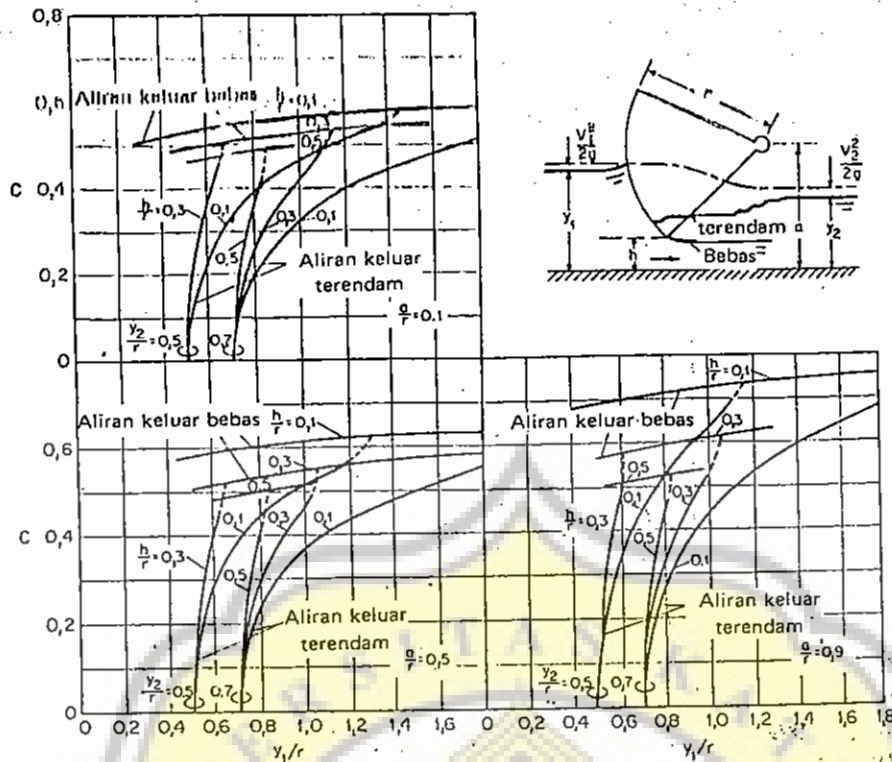
$$\frac{H_1}{r} = \frac{8,5}{12} = 0,708$$

Maka didapat harga kaefisien buang (C) = 0,45.

(Sumber: 'Hidrolika Saluran Terbuka', Ven Te Chow, 21 Februari 1984, hal: 502)



Gambar 5.02: Pintu air radial aliran bawah



Gambar 5.03: Koefisien buang untuk pintu air radial.

Sumber: "HIDROLIKA SALURAN TERBUKA" Ven Te Chou
hal:159

Dengan menganggap $B_{eff} = f(H_1)$, maka :

$$B_{eff} = B - 2 (n.kp + ka) H_1$$

Dimana :

$$B = 45 \text{ m}$$

$$n = 4$$

$$kp = 0,01$$

$$ka = 0$$

$$B_{eff} = 45 - 2 (4.0,01 + 0) H_1$$

$$B_{eff} = 45 - 0,08 H_1$$

maka didapat bentuk sebagai berikut :

$$Q = 0,45 \cdot 1,5 \cdot (45 - 0,08 \cdot H_1) \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot H_1}$$

$$1165 = (30,375 - 0,054 \cdot H_1) \sqrt{19,6 \cdot H_1}$$

Dengan menyesuaikan harga koefisien C, dengan cara coba-coba didapat harga $H_1 = 8,6 \text{ m}$.

Sehingga elevasi muka air banjir di hulu bendung adalah $+ 51,6 + 8,6 \text{ m} = +60,2$

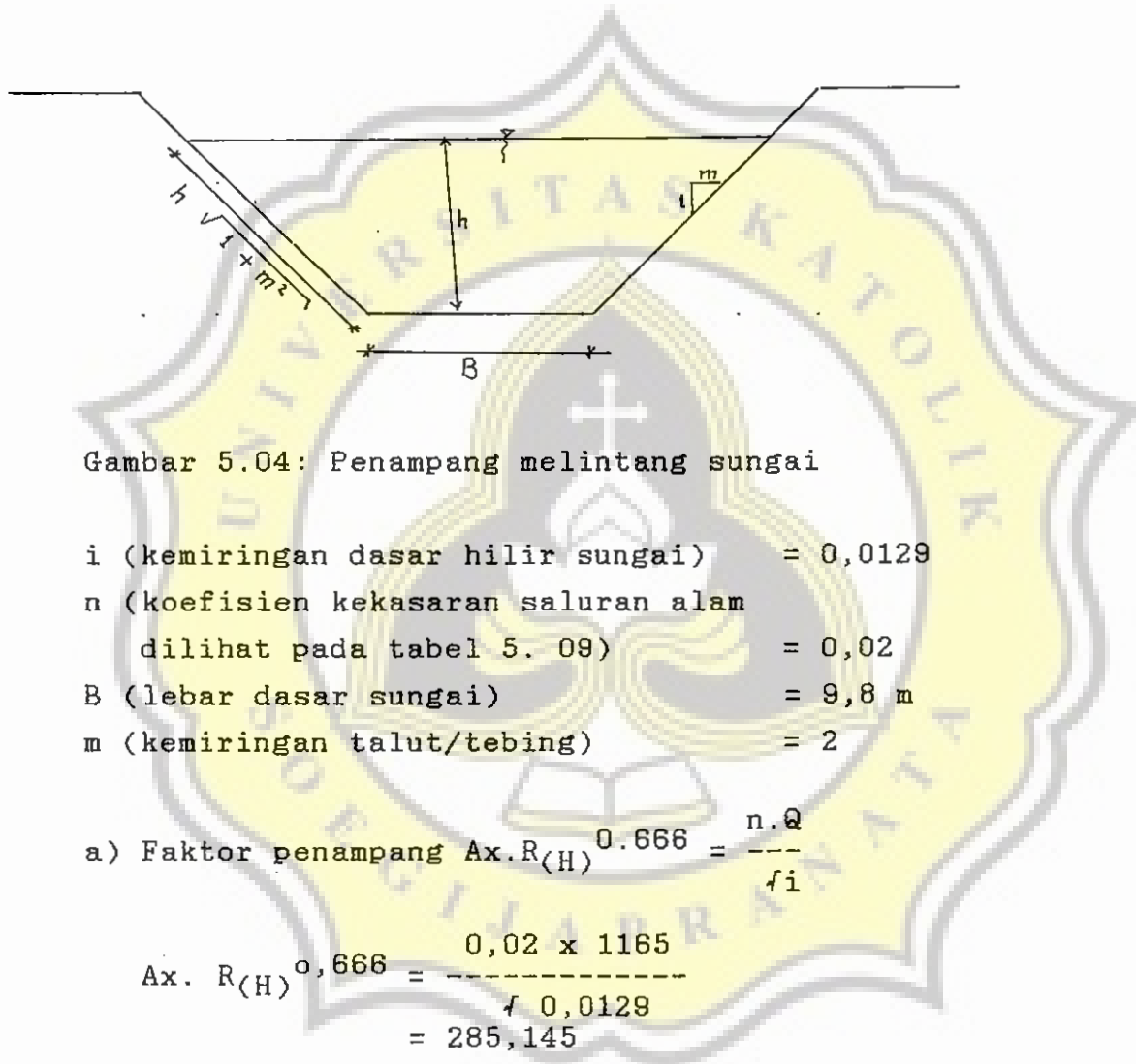
Dan lebar efektif bendung =

$$B_{\text{eff}} = 45 - 0,08 H_1$$

$$B_{\text{eff}} = 45 - 0,08 \cdot 8,6$$

$$B_{\text{eff}} = 44,312 \text{ m.}$$

5.4.3. Menentukan Elevasi Muka Air Maximum Di Hilir Bendung



Gambar 5.04: Penampang melintang sungai

- i (kemiringan dasar hilir sungai) = 0,0129
- n (koefisien kekasaran saluran alam dilihat pada tabel 5. 09) = 0,02
- B (lebar dasar sungai) = 9,8 m
- m (kemiringan talut/tebing) = 2

a) Faktor penampang $Ax \cdot R(H)^{0.666} = \frac{n \cdot Q}{f_i}$

$$Ax \cdot R(H)^{0,666} = \frac{0,02 \times 1165}{f_i \cdot 0,0129}$$

$$= 285,145$$

b) Luas penampang basah : $Ax = (B + m \cdot h) h$.

$$\text{Radius hidrolis } R(H) = \frac{\text{Luas penampang basah}}{\text{Keliling basah}}$$

$$R(H) = \frac{(B + m \cdot h) h}{B + 2 \cdot h \sqrt{1+m^2}}$$

maka :

$$\frac{[(B + m.h) h]^{1,666}}{(B + 2.h \sqrt{1+m^2})^{0,666}} = 285,145$$

$$\frac{[(9,8 + 2h) h]^{1,666}}{(9,8 + 2.h \sqrt{1+4})^{0,666}} = 285,145$$

Dengan cara coba-coba di dapat harga $h = 5,8$ m

Tinggi air banjir rencana di hilir bendung adalah 5,8 m, sehingga elevasi muka air banjir di hilir bendung adalah $+50,8 + 5,8 = + 56,6$ m.

Tabel 5. 08: Koefisien Angka Kekasaran Manning

Glas, plastic, machined metal	0,010
Dressed timber, joints flush	0,011
Sawn timber, joints uneven	0,014
Cement plaster	0,011
Concrete, steel troweled	0,012
Concrete, timber form, unfinished	0,014
Untreated gunite	0,015-0,017
Brickwork or dressed masonry	0,014
Rubble set in cement	0,017
Earth, Smooth, no weeds	0,020
Earth, Some stones and weeds	0,025
<i>Natural river channel:</i>	
Clean and straight	0,025-0,030
Winding, with pools and shoals	0,033-0,040
Very weedy, winding and overgrown	0,075-0,150
Clean straight alluvial channels	$0,031d^{1/6}$
	($d=D-75$ size in ft)

(Sumber : "Open Channel Flow" F.M Henderson, 19

hal: 99)

5.4.4. Menentukan Elevasi Muka Air Minimum Di Hilir Dan Pengaruh Pasang Surut Air Laut

Diketahui :

Data debit air minimum bulanan pada sungai Banjir Kanal setelah diurutkan didapat :

Tabel 5. 09 : Data Debit Banjir Minimum

NO	DEBIT (m ³ /dt)
1	3,510
2	3,500
3	2,280
4	1,450
5	1,370
6	1,300
7	1,050
8	1,020
9	0,620
10	0,520

Besar debit minimum yang diambil adalah : 0,62 m³/dt.

a) Faktor penampang $Ax \cdot R_{(H)}^{0.666} = \frac{n \cdot Q}{f_i}$

$$Ax \cdot R_{(H)}^{0.666} = \frac{0,02 \times 0,62}{\sqrt{0,0129}} = 0,11$$

b) Luas penampang basah : $Ax = (B + m \cdot h) h$.

$$\text{Radius hidrolis } R_{(H)} = \frac{\text{Luas penampang basah}}{\text{Keliling basah}}$$

$$R_{(H)} = \frac{(B + m \cdot h) h}{B + 2 \cdot h \sqrt{1+m^2}}$$

maka :

$$\frac{[(B + m \cdot h) h]^{1,666}}{(B + 2 \cdot h \sqrt{1+m^2})^{0,666}} = 0,11$$

$$\frac{[(9,8 + 2h) h]^{1,666}}{(9,8 + 2 \cdot h \sqrt{1+4})^{0,666}} = 0,11$$

Dengan cara coba-coba di dapat $h = 0,07 \text{ m}$

Tinggi muka air terendah di hilir bendung adalah 0,07 m sehingga elevasi muka air terendah di hilir bendung adalah $+50,8 + 0,07 = +50,87$.

Untuk menentukan profil aliran muka air minimum dihilir, digunakan metode Tahapan Langsung, yang secara umum metode ini dinyatakan dengan membagi saluran menjadi saluran yang pendek, lalu menghitung secara bertahap dari satu ujung ke ujung lainnya.

Diketahui:

$$Q = 0,62 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$n = 0,02$$

$$i = 0,0129$$

$$\alpha = (\text{koefisien energi}) = 1,10$$

$$b = 9,8 \text{ m}$$

$$m = 2$$

Pasang terendah air laut terletak pada elevasi +0,374 dengan datum di elevasi -0,6. Aliran bergerak dari muara menuju hulu.

Dimana:

Kolom 1 : Kedalaman air dalam meter, diambil antara 0,374 - 0,070 meter.

Kolom 2 : Luas basah sesuai dengan y kolom 1, dimana $A = (b + 2y) y$.

Kolom 3 : Jari-jari hidrolis, sesuai dengan y pada kolom 1.

$$R = \frac{(b + 2y) y}{b + 2y \sqrt{1+m^2}}$$

Kolom 4 : Jari-jari hidrolis di pangkatkan empat pertiga.

Kolom 5 : Kecepatan rata-rata yang sama dengan debit di bagi dengan luas basah pada kolom 2.

$$V = Q/A$$

Kolom 6 : Tinggi kecepatan, sesuai dengan kecepatan pada kolom 5.

$$\text{Tinggi kecepatan} = \frac{\alpha \cdot V^2}{2g}$$

Kolom 7 : Energi spesifik, diperoleh dari kedalaman aliran dalam kolom 1 dengan tinggi kecepatan dalam kolom 6.

Kolom 8 : Perubahan energi spesifik, sama dengan selisih nilai E pada kolom 7 dengan perhitungan sebelumnya.

Kolom 9 : Kemiringan geseran, dengan $n = 0,02$, V dari kolom 5 dan $R^{4/3}$ dari kolom 4.

$$S_f = \frac{n^2 \cdot V^2}{2,22 R^{4/3}}$$

Kolom 10 : Kemiringan geseran rata-rata pada bagian saluran di sepanjang penampang yang sesuai dengan tiap tahap, kurang lebih sama dengan rata-rata hitung dari kemiringan geseran pada kolom 9 dan tahap sebelumnya.

Kolom 11 : Selisih kemiringan dasar 0,0129 dengan kemiringan geser rata-rata.

Kolom 12 : Panjang bagian saluran di antara dua tahapan berturut-turut di hitung dengan nilai E' dalam kolom 8 dibagi dengan nilai dalam kolom 11.

Kolom 13 : Jarak dari penampang yang di periksa terhadap lokasi, sama dengan jumlah kumulatif nilai-nilai pada kolom 12 dengan tahapan sebelumnya.

(Sumber: 'Hidrolika Saluran Terbuka' Ven Te Chow, 1984 hal: 263 - 267)

Selanjutnya perhitungan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

PERHITUNGAN PROFIL ALIRAN DENGAN METODE TAHAPAN LANGSUNG

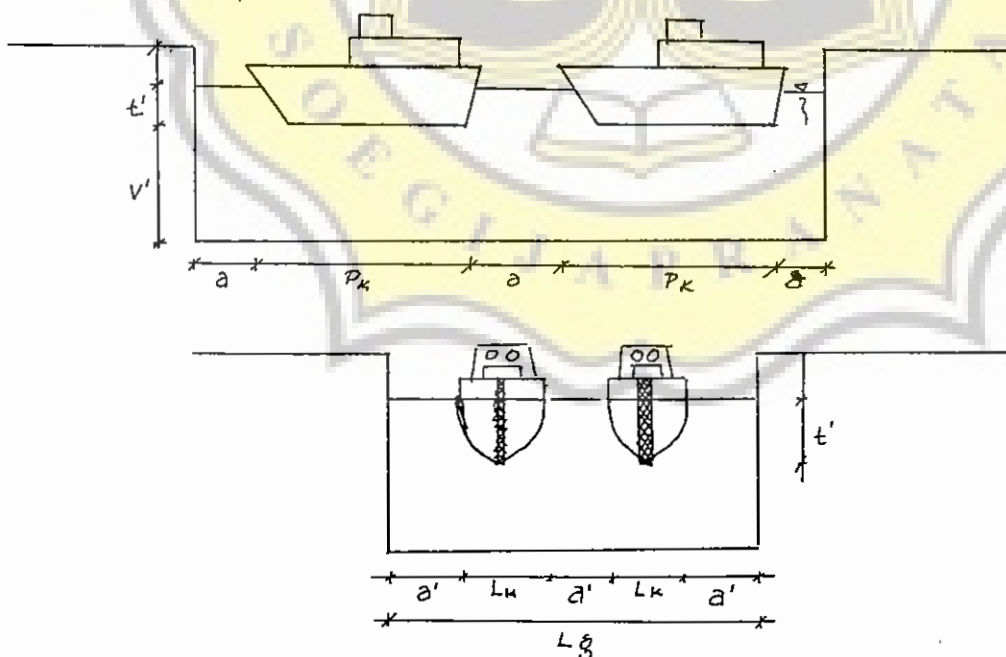
Tabel 5.10

Y	A	R	$R^{4/3}$	V	$\alpha \cdot V^2/2g$	E	E'	Sf	Sf'	Sf-Sf'	x'	x
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
: 0,374	: 3,94	: 0,3439	: 0,2409	: 0,1572	: 0,0014	: 0,3754	: —	: —	: —	: —	: —	: —
: 0,300	: 3,12	: 0,2800	: 0,1832	: 0,1987	: 0,0023	: 0,3023	: 0,0731	: 0,0000	: —	: 0,0129	: 5,6667	: 5,6667
: 0,275	: 2,85	: 0,2581	: 0,1643	: 0,2178	: 0,0027	: 0,2777	: 0,0246	: 0,0000	: —	: 0,0129	: 1,9070	: 7,5737
: 0,250	: 2,58	: 0,2358	: 0,1457	: 0,2408	: 0,0033	: 0,2533	: 0,0244	: 0,0000	: 0,0001	: 0,0128	: 1,9062	: 9,4799
: 0,225	: 2,31	: 0,2234	: 0,1275	: 0,2688	: 0,0041	: 0,2291	: 0,0242	: 0,0000	: 0,0001	: 0,0128	: 1,8906	: 11,3705
: 0,200	: 2,04	: 0,1408	: 0,1098	: 0,3039	: 0,0053	: 0,2053	: 0,0238	: 0,0002	: 0,0002	: 0,0127	: 1,8740	: 13,2415
: 0,175	: 1,78	: 0,1678	: 0,0926	: 0,3490	: 0,0070	: 0,1820	: 0,0233	: 0,0002	: 0,0002	: 0,0127	: 1,8346	: 15,0791
: 0,150	: 1,52	: 0,1447	: 0,0760	: 0,4092	: 0,0096	: 0,1596	: 0,0224	: 0,0004	: 0,0003	: 0,0126	: 1,7778	: 16,8569
: 0,125	: 1,26	: 0,1213	: 0,0600	: 0,4935	: 0,0140	: 0,1390	: 0,0206	: 0,0007	: 0,0006	: 0,0123	: 1,6748	: 18,5317
: 0,100	: 1,00	: 0,0976	: 0,0450	: 0,6200	: 0,0220	: 0,1220	: 0,0170	: 0,0034	: 0,0021	: 0,0108	: 1,5741	: 20,1058
: 0,070	: 0,70	: 0,0668	: 0,0282	: 0,8911	: 0,0455	: 0,1155	: 0,0065	: 0,0051	: 0,0043	: 0,0087	: 1,7471	: 20,8529

Dilihat dari analisa profil aliran air di atas, pengaruh tinggi pasang surut air laut tidak berpengaruh sampai lokasi bendung.

5.5. PERHITUNGAN DIMENSI GERBANG

5.5.1. Lebar Pintu Gerbang



Gambar 5.05: Syarat kelonggaran kamar pintu air

a. Ukuran Kapal : Panjang (P_k) = 2 x 5 m = 10 m
Lebar (L_k) = 2 x 2 m = 4 m
Tinggi (T_k) = 1,00 m

b. Syarat Kapal * :

- Kelonggaran bawah (v') = 0,5 m
- Kelonggaran samping (a') = 1,0 m
- Tinggi selam (t') = 0.66 m, $\rightarrow (2/3 \cdot T)$

c. Kedalaman air = tinggi selam + kelonggaran bawah
= 0,66 + 0,5
= 1,16 \approx 1,5 m.

d. Lebar gerbang = lebar kapal + kelonggaran samping
 $L_g = 4 + (3 \times 1,0)$
 $L_g = 7,0$ m.

* Leliavsky, "Irrigation Engineering : Syphons, Weirs And Locks"

5.5.2. Perencanaan Tinggi Pintu Gerbang

Untuk keamanan kemungkinan terjadinya luapan banjir, maka tinggi gerbang di rencanakan sebagai berikut :

a. Tinggi gerbang sebelah hulu bendung

Tinggi elevasi muka air rencana untuk debit banjir Q_{50} adalah pada elevasi + 60,20.

Direncanakan pembuatan saluran air baru yang berada pada jarak \pm 50 m dari tubuh bendung. Dasar dari saluran air yang baru direncanakan pada elevasi + 54,80 Sehingga perlu diadakan pengerukan sepanjang saluran tersebut.

Tinggi pintu gerbang hulu rencana

$$\begin{aligned} &= 60,2 - 54,8 - z' + w' \\ &= 5,4 - 0,4 + 1,0 \\ &= 6,0 \text{ m.} \end{aligned}$$

Di mana: w' = Tinggi jagaan ;

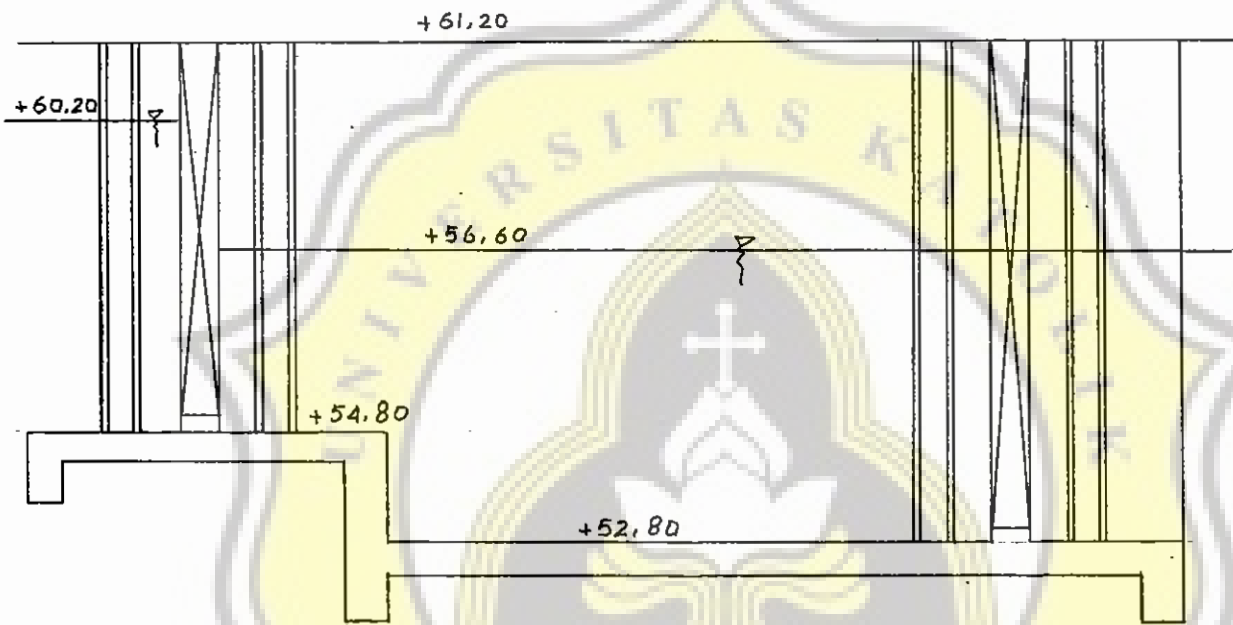
z' = Tinggi ambang

b. Tinggi gerbang sebelah hilir bendung

Elevasi dasar hilir saluran direncanakan terletak pada kedalaman elevasi + 54,80 . Sehingga perlu diadakan pekerjaan pengerukan pada saluran tersebut sampai mencapai elevasi + 54,80

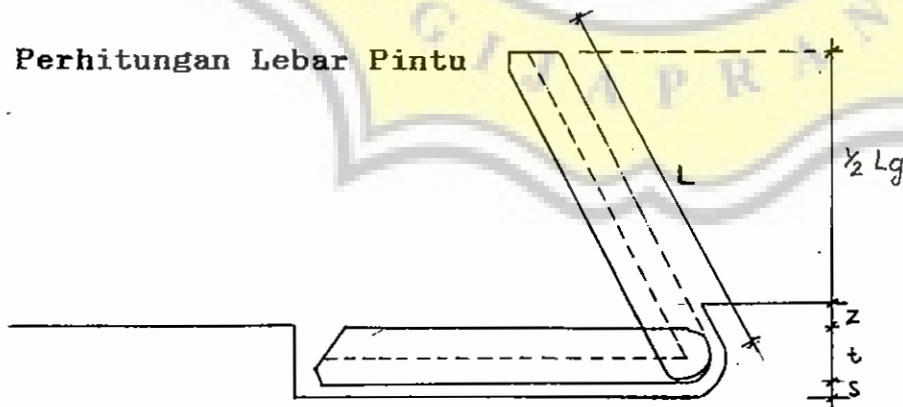
Tinggi pintu gerbang hilir rencana

$$\begin{aligned} &= 60,2 - 52,8 - 0,4 + 1,0 \\ &= 8,0 \text{ m.} \end{aligned}$$



Gambar 5.06 : Perencanaan tinggi pintu air

5.5.3. Perhitungan Lebar Pintu



Gambar 5.07 : Sket pintu gerbang

$$L = \frac{Lg/2 + z + s + t/2}{\cos \alpha} + \frac{1}{2} t + j \tan \alpha \quad)^*$$

dimana : $j = 1/20$ lebar gerbang

$$= 1/20 \times 7,0 = 0,350 \text{ m}$$

$z =$ kelonggaran luar = 0,1 s/d 0,15

--> diambil 0,15 m

$s =$ Kelonggaran dalam = 0,02 s/d 0,05

--> diambil 0,05 m

$t =$ tebal pintu $\pm 1/5$.tinggi selam

$$= 1/5 \times 0,66 = 0,133 \text{ m}$$

$\tan \alpha = 0,2$ s/d 0,3 --> diambil 0,2

$$\alpha = 11^\circ 18' 35''$$

$$\cos \alpha = 0,98$$

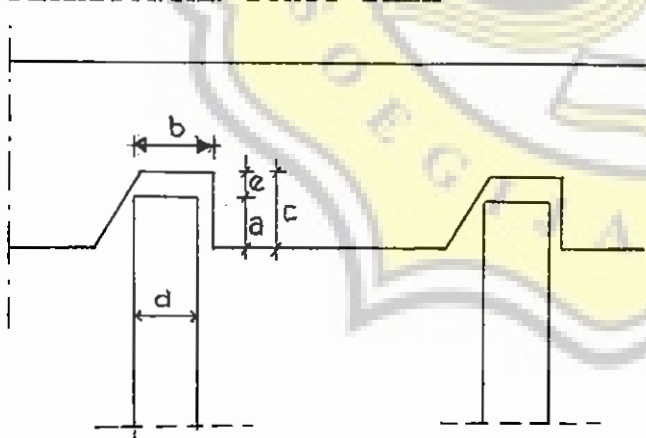
$Lg =$ lebar gerbang = 7,0 m

$$L = \frac{\frac{7,0}{2} + 0,15 + 0,05 + \frac{0,133}{2}}{0,98} + \frac{0,133}{2} + 0,350 \times 0,2$$

$$= 3,98 \approx 4,00 \text{ m.}$$

* Leliavsky, "Irrigation Engineering : Syphons, Weirs And Locks"

5.6. PERHITUNGAN SCHOT BALK



Syarat-syarat :

$$a = 5 + 0,5 \cdot d$$

$$b = d + (3 + 0,10d)$$

$$c = a + (3 + 0,10d)$$

$$e = c - a$$

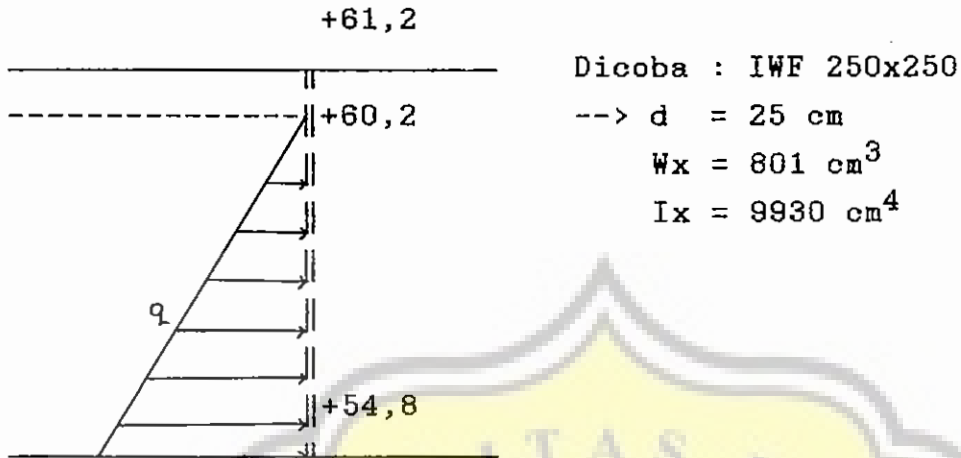
$$= (3 + 0,10d)$$

Gambar 5.08 : Schot Balk

Keterangan : $d =$ Tebal schot balk

$e =$ ruang kelonggaran

a. Schot Balk A1 = A2



Gambar 5.09 : Schot Balk A

$$q = r \cdot d \cdot h$$

$$= 1 \cdot 0,25 \cdot 5,4 = 1,35 \text{ t/m}$$

$$M = 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 1,35 \cdot 7,0^2 = 8,27 \text{ tm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{8,27 \cdot 10^5}{801}$$

$$= 1032,46 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I}$$

$$= \frac{5}{48} \times \frac{8,27 \cdot 10^5 \cdot (700)^2}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 9930}$$

$$= 2,02 \text{ cm} < f = 2,4 \text{ cm}$$

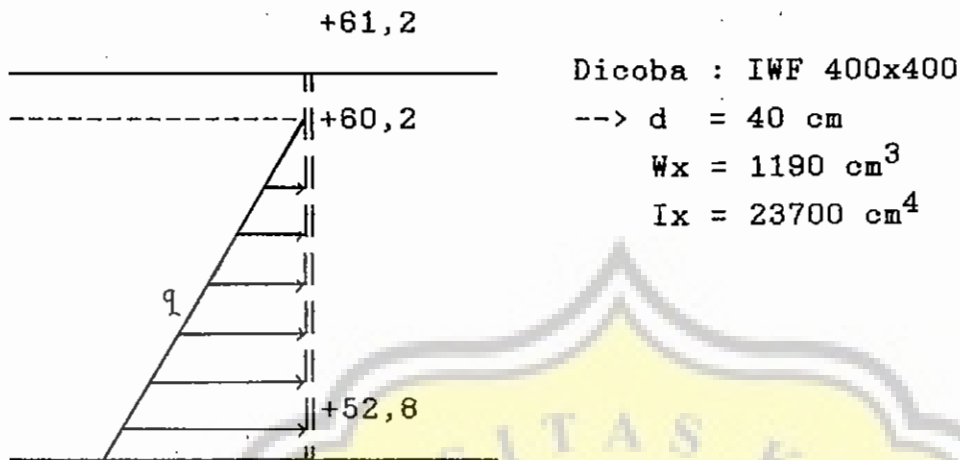
$$a = 5 + 25/2 = 17,5 \text{ cm}$$

$$b = 25 + (3 + 0,1 \cdot 25) = 30,5 \text{ cm}$$

$$c = 17,5 + (3 + 0,1 \cdot 25) = 23,0 \text{ cm}$$

$$e = c - a = 23 - 17,5 = 5,5 \text{ cm}$$

b. Schot Balk B1



Gambar 5.10 : Schot Balk B1

$$q = \tau \cdot d \cdot h$$

$$= 1 \cdot 0,40 \cdot 7,4 = 2,96 \text{ t/m}$$

$$M = 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 2,96 \cdot 7,0^2 = 18,13 \text{ tm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{18,13 \cdot 10^5}{1190}$$

$$= 1523,53 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \cdot l^3}{E \cdot I}$$

$$= \frac{5}{48} \times \frac{18,13 \cdot 10^5 \cdot (700)^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 23700}$$

$$= 1,86 \text{ cm} < f = 2,4 \text{ cm}$$

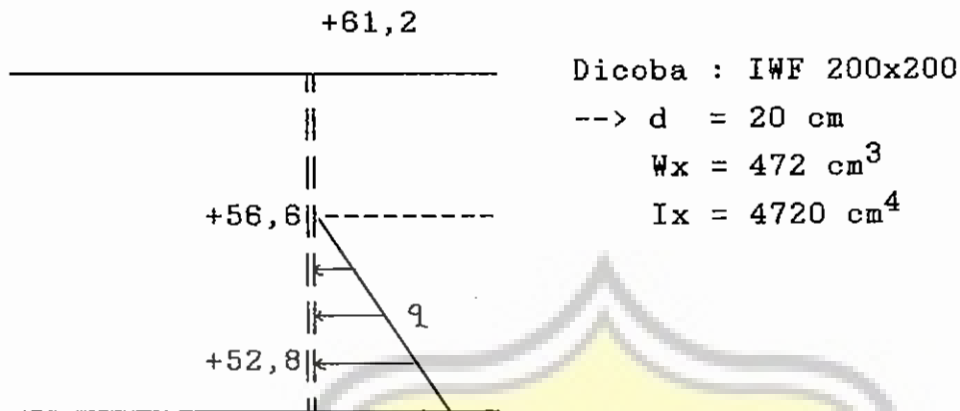
$$a = 5 + 40/2 = 25 \text{ cm}$$

$$b = 40 + (3 + 0,1 \cdot 40) = 47 \text{ cm}$$

$$c = 25 + (3 + 0,1 \cdot 40) = 32 \text{ cm}$$

$$e = c - a = 32 - 25 = 7 \text{ cm}$$

c. Schot Balk B2



Gambar 5.11 : Schot Balk B2

$$q = \tau \cdot d \cdot h$$

$$= 1 \cdot 0,20 \cdot 3,8 = 0,76 \text{ t/m}$$

$$M = 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 0,76 \cdot 7,0^2 = 4,655 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{4,655 \cdot 10^5}{472}$$

$$= 986,23 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I}$$

$$= \frac{5}{48} \times \frac{4,655 \cdot 10^5 \cdot (700)^2}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 4720}$$

$$= 2,39 \text{ cm} < f = 2,4 \text{ cm}$$

$$a = 5 + 20/2 = 15 \text{ cm}$$

$$b = 20 + (3 + 0,1 \cdot 20) = 25 \text{ cm}$$

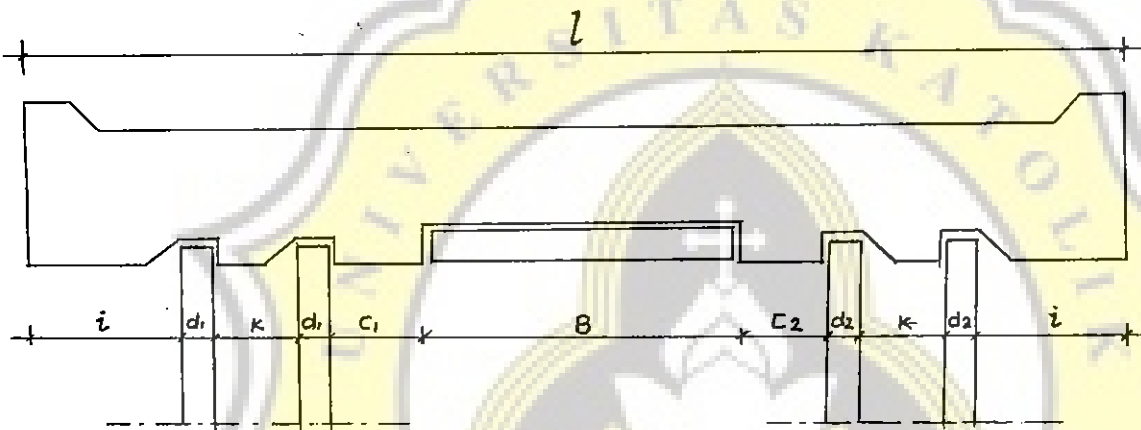
$$c = 15 + (3 + 0,1 \cdot 20) = 20 \text{ cm}$$

$$e = c - a = 20 - 15 = 5 \text{ cm}$$

Tabel 5. 11 : Pemakaian Schot Balk

Schot Balk	A1 = A2	B1	B2
IWF	250x250	400x400	200x200
a	17,5cm	25 cm	15 cm
b	30,5cm	47 cm	25 cm
c	23,0cm	32 cm	20 cm
e	5,5cm	7 cm	5 cm

5.7. PERHITUNGAN PANJANG GERBANG



Gambar 5.12 : Gerbang pintu air

Direncanakan bahwa:

i = Panjang jagaan = 2,00 m

k = 0,8 s/d 2,0 m --> diambil $k = 1$ m

d_1 = tebal schot balk saluran --> telah dihitung

d_2 = tebal schot balk kamar --> telah dihitung

B = lebar pintu + kelonggaran

= 4,00 m + 0,20 m + 0,20 m = 4,40 m

5.7.1. Mencari Panjang C_1 & C_2 Gerbang A

Ditentukan mutu beton K225 --> Tegangan Geser ()

= 6,5 kg/cm²

= 65 t/m²

$L = 7,0$ m

Koefisien keamanan = 1,5

*** Schot Balk A1 = A2**

$$h = 5,4 \text{ m}$$

$$q = \tau \cdot h = 1 \cdot 5,4 = 5,4 \text{ t/m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 5,4 \cdot 7,0 = 18,9 \text{ t/m}$$

$$C_1 = \frac{P}{65} = \frac{18,9}{65} \cdot 1,5$$

$$= 0,44 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$$

$$2i = (2 \times 2) = 4,00 \text{ m}$$

$$2d1 = (2 \times 0,4) = 0,80 \text{ m}$$

$$2d2 = (2 \times 0,4) = 0,80 \text{ m}$$

$$2k = (2 \times 1) = 2,00 \text{ m}$$

$$2c = (2 \times 0,5) = 1,00 \text{ m}$$

$$B = 4,40 = 4,40 \text{ m}$$

$$\text{Panjang gerbang A} = 13,00 \text{ m}$$

5.7.2. Mencari Panjang C₁ & C₂ Gerbang B

*** Schot Balk B1**

$$h = 7,4 \text{ m}$$

$$q = \tau \cdot h = 1 \cdot 7,4 = 7,4 \text{ t/m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 7,4 \cdot 7,0 = 25,9 \text{ t/m}$$

$$C_1 = \frac{P}{65} = \frac{25,9}{65} \cdot 1,5$$

$$= 0,59 \text{ m} \approx 0,60 \text{ m}$$

*** Schot Balk B2**

$$h = 3,8 \text{ m}$$

$$q = \tau \cdot h = 1 \cdot 3,80 = 3,80 \text{ t/m}^2$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 3,80 \cdot 7,0 = 13,3 \text{ t/m}$$

$$C_2 = \frac{P}{65} = \frac{13,3}{65} \cdot 1,5 = 0,30 \text{ m}$$

(dipakai harga C = C₁ = 0,60 m)

$$2i = (2 \times 2) = 4,00 \text{ m}$$

$$2d1 = (2 \times 0,4) = 0,80 \text{ m}$$

$$2d2 = (2 \times 0,2) = 0,40 \text{ m}$$

$$2k = (2 \times 1) = 2,00 \text{ m}$$

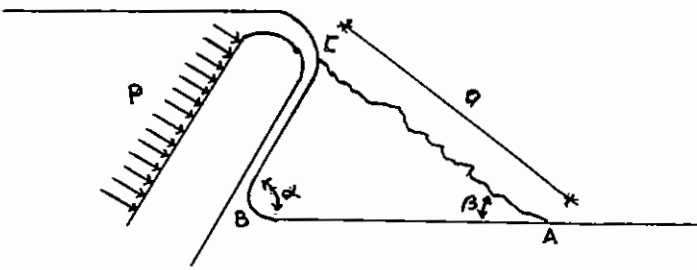
$$2c = (2 \times 0,60) = 1,20 \text{ m}$$

$$B = 4,40 = 4,40 \text{ m}$$

$$\text{Panjang gerbang B} = 12,80 \text{ m}$$

$$\approx 13,00 \text{ m}$$

5.8. MENENTUKAN PANJANG BIDANG GESER



Gambar 5.13 : Bidang geser pada pintu gerbang
 Tekanan air yang terjadi pada daun pintu adalah tegak lurus bidang BC
 Komponen q sepanjang AC = q cos θ

$$\begin{aligned} \theta &= 180 - 90 - \tau \\ &= 90 - \tau \quad \rightarrow \tau = 180 - (\alpha + \beta) \\ &= 90 - 180 - (\alpha + \beta) \\ &= (\alpha + \beta) - 90 \end{aligned}$$

$$= \frac{q \cos \theta}{a}$$

$$= \frac{q \cos (\alpha + \beta) - 90}{a}$$

$$= \frac{q \sin (\alpha + \beta)}{a} \quad \rightarrow \quad a = \frac{b \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$= \frac{q \sin (\alpha + \beta) \sin \beta}{b \sin \alpha}$$

Untuk max terjadi bila $\frac{d}{d\beta} = 0$

$$\frac{q}{b \sin \alpha} \cdot \cos (\alpha + \beta) \sin \beta + \sin (\alpha + \beta) \cos \beta = 0$$

$$\text{atau : } \frac{\cos (\alpha + \beta) \sin \beta}{\sin \beta} = - \frac{\sin (\alpha + \beta) \cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$$

$$\frac{\cos \beta}{\cos (\alpha + \beta)}$$

$$\begin{aligned} \tan \beta &= - \tan (\alpha + \beta) \\ \beta &= 180 - \alpha - \beta \\ 2 \beta &= 180 - \alpha \\ \beta &= 90 - \frac{1}{2} \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{q}{b} \cdot \frac{\sin(\alpha + 90 - \frac{1}{2}\alpha) \sin(90 - \frac{1}{2}\alpha)}{\sin \alpha} \\
 &= \frac{q}{b} \cdot \frac{\sin(90 + \frac{1}{2}\alpha) \sin(90 - \frac{1}{2}\alpha)}{2 \cdot \sin \frac{1}{2}\alpha \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha} \\
 &= \frac{q}{2b} \cdot \frac{\cos \frac{1}{2}\alpha \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha}{\sin \frac{1}{2}\alpha \cdot \cos \frac{1}{2}\alpha} \\
 &= \frac{q}{2b} \cdot \frac{\cos \frac{1}{2}\alpha}{\sin \frac{1}{2}\alpha} \\
 &= \frac{q}{2b} \cdot \text{ctg } \frac{1}{2}\alpha
 \end{aligned}$$

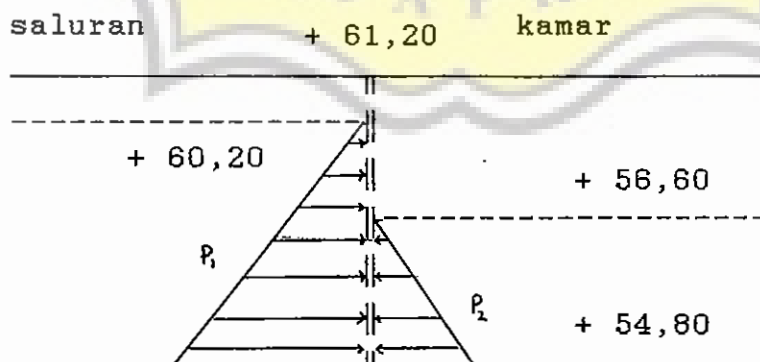
Pada perencanaan $\alpha = 90$

$$\begin{aligned}
 \max &= \frac{q}{2b} \cdot \text{ctg}(\frac{1}{2} \cdot 90) \\
 &= \frac{q}{2b} \cdot \text{ctg } 45 = \frac{q}{2b}
 \end{aligned}$$

Jika Beton = 65 kg/cm^2 maka

$$\begin{aligned}
 65 &= \frac{q}{2b} \\
 b &= 0,00769 \cdot q \\
 &\approx 0,0077 \cdot q
 \end{aligned}$$

5.8.1. Pintu kembar A



Gambar 5.14 : Pintu kembar A

Perbedaan tinggi muka air pada pintu A adalah :

$$h1 = +60,2 - (+54,8) = 5,4 \text{ m.}$$

$$P1 = \tau \cdot h1 \\ = 1 \cdot 5,4 = 5,4 \text{ t/m}^2.$$

$$q1 = 1/2 \cdot P1 \cdot h1 \\ = 1/2 \cdot 5,4 \cdot 5,4 \\ = 14,58 \text{ t/m.}$$

$$h2 = +56,6 - (+54,8) = 1,8 \text{ m}$$

$$p2 = 1 \cdot 1,8 = 1,8 \text{ t/m}^2.$$

$$q2 = 1/2 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \\ = 1,62 \text{ t/m.}$$

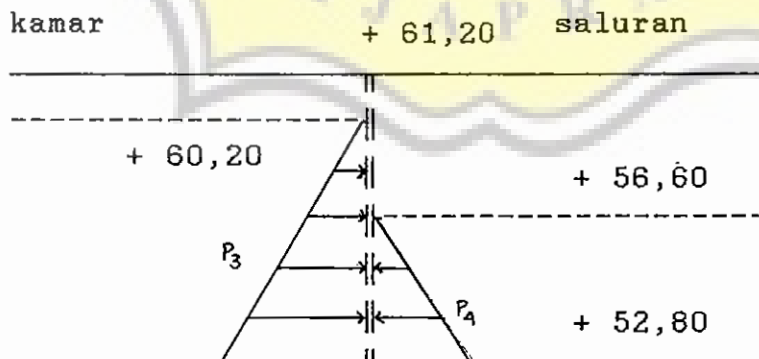
$$qa = q1 - q2 \\ = 14,58 - 1,62 \\ = 12,96 \text{ t/m} \\ = 129,60 \text{ kg/cm.}$$

Besarnya harga (a) adalah :

$$a = \frac{b \sin \alpha}{\sin \beta} \quad \alpha = 90^\circ ; \beta = 45^\circ \\ b = 0,0077 \cdot q \\ = 0,0077 \cdot 129,60 \\ = 0,99 \approx 1 \text{ cm.}$$

$$a = \frac{1,0 \sin 90^\circ}{\sin 45^\circ} = 1,414 \approx 1,50 \text{ cm.}$$

5.8.2. Pintu kembar B



Gambar 5.15 : Pintu kembar B

Perbedaan tinggi muka air pada pintu A adalah :

$$h_3 = +60,20 - 52,80 = 7,4 \text{ m.}$$

$$P_3 = \tau \cdot h_1 \\ = 1 \cdot 7,4 = 7,4 \text{ t/m}^2.$$

$$q_3 = 1/2 \cdot P_3 \cdot h_3 \\ = 1/2 \cdot 7,4 \cdot 7,4 \\ = 27,38 \text{ t/m.}$$

$$h_4 = +56,60 - 52,80 = 4,7 \text{ m}$$

$$P_4 = 1 \cdot 3,8 = 3,8 \text{ t/m}^2.$$

$$q_4 = 1/2 \cdot 3,8 \cdot 3,8 \\ = 7,22 \text{ t/m.}$$

$$q_b = q_3 - q_4 \\ = 27,38 - 7,22 \\ = 20,16 \text{ t/m} \\ = 201,60 \text{ kg/cm.}$$

Besarnya harga (a) adalah :

$$a = \frac{b \sin \alpha}{\sin \beta} \quad \alpha = 90^\circ ; \beta = 45^\circ \\ b = 0,0077 \cdot q \\ = 0,0077 \cdot 201,60 \\ = 1,55 \text{ cm.}$$

$$a = \frac{1,55 \sin 90^\circ}{\sin 45^\circ} = 2,19 \approx 2,50 \text{ cm.}$$

Kesimpulan:

Dari hasil perhitungan di atas, maka telah di dapat harga-harga a dan b dari masing-masing pintu, dimana:

a : Panjang bidang penumpu pintu kembar.

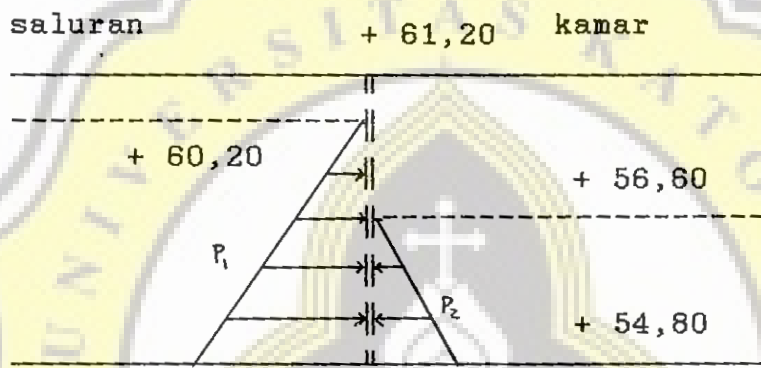
b : Lebar bidang penumpu pintu kembar.

Karena selisih pail antara permukaan air saluran dengan pail permukaan air kamar kecil , maka harga a dan b akan kecil. Dan apa bila selisih pail antara permukaan air

saluran dengan pail permukaan air kamar besar , maka harga a dan b juga akan besar. Harga a diperhitungkan dari tebalnya tembok penumpu schot balk dibelakang pintu. Sedangkan harga b diperhitungkan dengan tebalnya daun pintu kembar.

5.9. PERHITUNGAN PINTU KEMBAR

5.9.1. Pintu A



Gambar 5.16 : Pintu baja A

Rasuk Horizontal

Diambil air kamar penuh yaitu = + 60,20 m

Tinggi air = + 60,20 - 54,8 = 5,40 m

Untuk di saluran, tinggi air = 56,60 - 54,8 = 1,80 m

Telah diketahui tinggi pintu = 6,00 m

Lebar pintu = 4,00 m

$h_1 = 5,4 \text{ m.}$

$P_1 = \tau \cdot h_1$

$= 1 \cdot 5,4 = 5,4 \text{ t/m}^2.$

$h_2 = 1,8 \text{ m}$

$P_2 = 1 \cdot 1,8 = 1,8 \text{ t/m}^2.$

$P_a = P_1 - P_2$

$= 5,4 - 1,8$

$= 3,6 \text{ t/m}^2.$

Jarak profil = $6/6 = 1,0$ m.

Maka beban maksimum rangka induk adalah :

$$\begin{aligned} q &= P \times \text{jarak profil} \\ &= 3,6 \times 1,0 \\ &= 3,6 \text{ t/m.} \end{aligned}$$

Momen maksimumnya adalah :

$$\begin{aligned} M &= 1/8 \cdot q \cdot l^2 \quad (l = \text{lebar pintu}) \\ &= 1/8 \cdot 3,6 \cdot 4^2 \\ &= 7,2 \text{ tm.} \\ &= 7,2 \cdot 10^5 \text{ kg/cm.} \end{aligned}$$

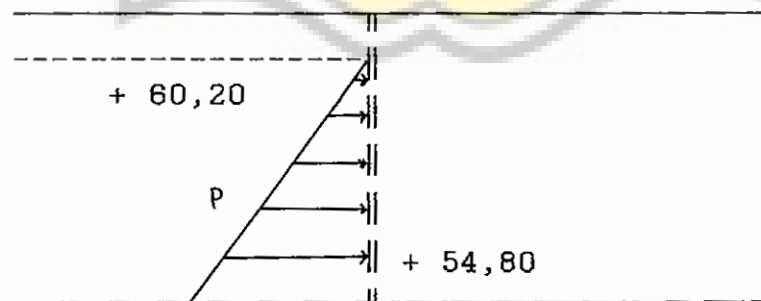
Sedangkan mutu baja yang dipakai $\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$.

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{7,2 \cdot 10^5}{1600} = 450 \text{ cm}^3.$$

Dipakai profil: IWF 200 x 200
 $h = b = 20 \text{ cm.}$
 $W_x = 472 \text{ cm}^3.$
 $I_x = 4720 \text{ cm}^4.$

Diperhitungkan air di kamar dalam keadaan kosong :

saluran + 61,20 kamar



(Gambar 5.17 : Pintu A dalam keadaan kamar kosong)

$$H = 60,2 - 54,8 = 5,4 \text{ m.}$$

Beban yang dipikul adalah beban segi tiga, semakin kebawah beban yang dipikul semakin besar. Agar balok bekerja efisien dan setiap balok menerima beban yang merata, maka jarak balok (Horizontal) makin kebawah di buat makin rapat, karena semakin kebawah beban semakin besar.

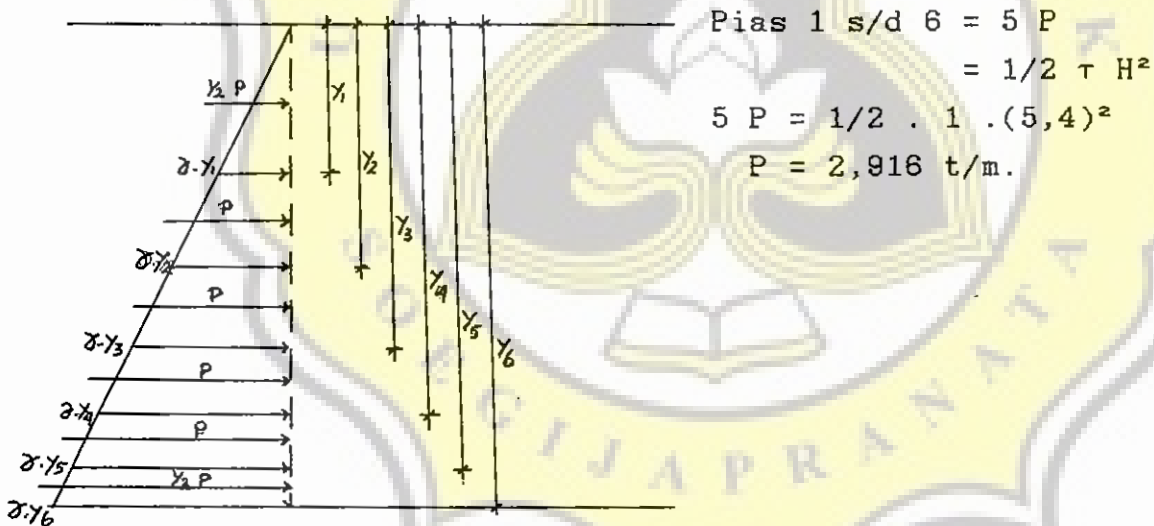
Ada 2 cara :

1. Secara Analitis --> yang dipakai
2. Secara Grafis

Secara Analitis

Telah diketahui : Tinggi air = 5,40 m
 τ air = 1 t/m³

Tekanan air pada pintu dibagi menjadi 6 pias, masing-masing pias mempunyai luas yang sama.



Gambar 5.18 : Gaya yang bekerja pada pintu

Pias 1:

$$\frac{1}{2} \cdot P = \frac{\tau \cdot Y_1^2}{2}$$

$$Y_1 = \frac{P}{\tau} = 1,71 \text{ m}$$

Pias 2:

$$P = \frac{\tau \cdot Y_1 + \tau \cdot Y_2}{2} (Y_2 - Y_1) \rightarrow Y_2 = \frac{2P + Y_1^2}{2} = 2,96 \text{ m.}$$

Pias 3:

$$P = \frac{\tau \cdot Y_2 + \tau \cdot Y_3}{2} (Y_3 - Y_2) \longrightarrow Y_3 = \frac{2P + Y_2^2}{3,82} \text{ m.}$$

Pias 4:

$$P = \frac{\tau \cdot Y_3 + \tau \cdot Y_4}{2} (Y_4 - Y_3) \longrightarrow Y_4 = \frac{2P + Y_3^2}{4,52} \text{ m.}$$

Pias 5:

$$P = \frac{\tau \cdot Y_4 + \tau \cdot Y_5}{2} (Y_5 - Y_4) \longrightarrow Y_5 = \frac{2P + Y_4^2}{5,12} \text{ m.}$$

Pias 6:

$$\frac{1}{2} P = \frac{\tau \cdot Y_5 + \tau \cdot Y_6}{2} (Y_6 - Y_5) \longrightarrow Y_6 = \frac{P + Y_5^2}{5,40} \text{ m.}$$

Pembebanan Masing-Masing Balok Horizontal

$$q_1 = \frac{\tau \cdot Y_1}{2} \cdot Y_1 = 1,462 \text{ t/m}$$

$$q_2 = \frac{\tau \cdot Y_1 + \tau \cdot Y_2}{2} (Y_2 - Y_1) = 2,919 \text{ t/m}$$

$$q_3 = \frac{\tau \cdot Y_2 + \tau \cdot Y_3}{2} (Y_3 - Y_2) = 2,915 \text{ t/m}$$

$$q_4 = \frac{\tau \cdot Y_3 + \tau \cdot Y_4}{2} (Y_4 - Y_3) = 2,919 \text{ t/m}$$

$$q_5 = \frac{\tau \cdot Y_4 + \tau \cdot Y_5}{2} (Y_5 - Y_4) = 2,892 \text{ t/m}$$

$$q_6 = \frac{\tau \cdot Y_5 + \tau \cdot Y_6}{2} (Y_6 - Y_5) = 1,473 \text{ t/m}$$

$$\Sigma q = 14,580 \text{ t/m}$$

Check:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \tau H^2 &= \Sigma q \\ \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 5,4^2 &= 14,58 \text{ t/m} \\ 14,58 \text{ t/m} &= 14,58 \text{ t/m} \end{aligned}$$

q terbesar adalah 2,919 t/m.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 2,919 \cdot 4^2 \\ &= 5,838 \text{ tm.} \end{aligned}$$

Akibat perlemahan adalah $\pm 20\%$, maka:

$$\begin{aligned} M &= 1,2 \cdot M_{\max} \\ &= 1,2 \cdot 5,838 = 7,0056 \text{ tm} = 700560 \text{ kg cm.} \end{aligned}$$

W min yang dibutuhkan :

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{700560}{1600} \\ = 437,85 \text{ cm}^3$$

Menghitung gaya normal pintu

- Kedalaman air di daerah upstream

$$H1 = 5,40 \text{ m}$$

- Luas area kontak/ basah pintu daerah upstream

$$A1 = 5,40 \times 4,00 = 21,6 \text{ m}^2$$

- Titik berat area kontak pintu di daerah upstream

$$x1 = 5,40/2 = 2,70 \text{ m}$$

- Kedalaman air di daerah down stream

$$H2 = 1,80 \text{ m}$$

- Luas area kontak/ basah pintu daerah down stream

$$A2 = 1,80 \times 4,00 = 7,2 \text{ m}^2$$

- Titik berat area kontak pintu didaerah down stream

$$x2 = 1,80/2 = 0,9 \text{ m}$$

$$P1 = \tau \cdot A1 \cdot x1 = 1000 \cdot 21,6 \cdot 2,70 = 58320 \text{ kg}$$

$$P2 = \tau \cdot A2 \cdot x2 = 1000 \cdot 7,2 \cdot 0,9 = 6480 \text{ kg}$$

Resultan gaya :

$$P = P1 - P2 = 58320 - 6480 = 51840 \text{ kg}$$

Reaksi antara pintu AB dan BC

$$P = \frac{P}{2 \sin \alpha} = \frac{51840}{2 \sin 11^\circ 18' 35''} \\ = 132169,011 \text{ kg}$$

Dipakai profil IWF 350x350 -> h = 35,0 cm

$$b = 35,0 \text{ cm}$$

$$Wx = 2300 \text{ cm}^3$$

$$Ix = 40300 \text{ cm}^4$$

*> Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{P}{F} = \frac{7,0056 \cdot 10^5}{2300} + \frac{132169,011}{173,9}$$

$$= 1065 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

*> Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I}$$

$$= \frac{5}{48} \times \frac{7,0056 \cdot 10^5 \cdot (400)^2}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 40300}$$

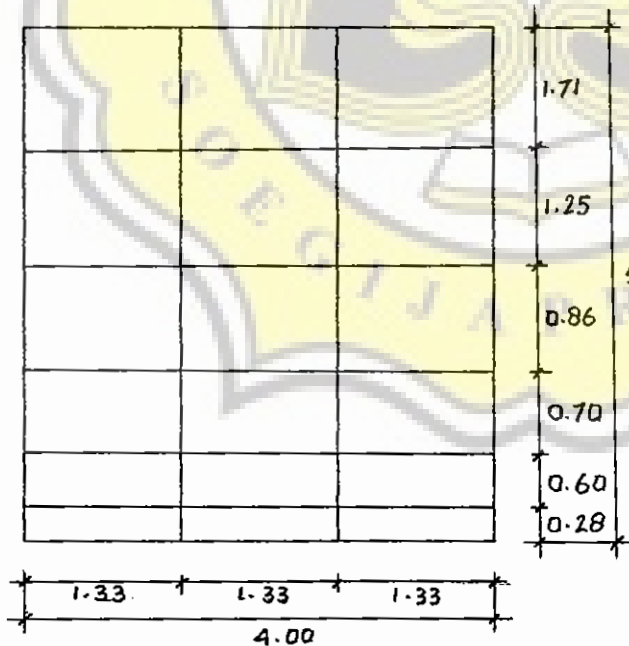
$$= 0,14 \text{ cm} < f' = \frac{400}{500} = 0,80 \text{ cm}$$

Jadi profil IWF 350x350 dapat dipakai

Rasuk Vertikal

Lebar Pintu (L) = 4 m

Dibuat 2 bentang -> jarak rasuk $4/3 = 1,33 \text{ m}$



Gambar 5.19 : Sket letak perkuatan pintubaja A

$$q = \tau \cdot H \cdot 1,33 = 1 \cdot 5,4 \cdot 2,4 = 7,182 \text{ t/m}$$

$$M = 1/24 \cdot q \cdot h^2 = 1/24 \cdot 7,182 \cdot (5,4)^2 = 8,72613 \text{ tm}$$

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{8,72613 \cdot 10^5}{1600} = 545,38 \text{ cm}^3$$

Dipakai profil IWF 350x175 \rightarrow $h = 35,0 \text{ cm}$

$$b = 17,5 \text{ cm}$$

$$W_x = 775 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 13600 \text{ cm}^4$$

*> Kontrol Tegangan

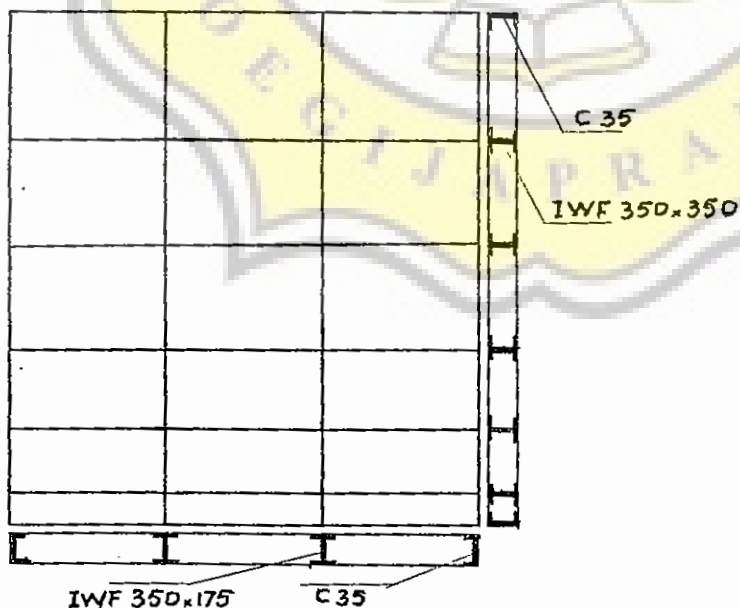
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{8,72613 \cdot 10^5}{775} = 1125,9 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

*> Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{8,72613 \cdot 10^5 \cdot (540)^2}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 13600} = 0,928 \text{ cm} < f = 1,44 \text{ cm}$$

Jadi profil IWF 350x175 dapat dipakai

Perhitungan Plat



Gambar 5.20 : Sket perkuatan pintu baja A

Diambil Plat no : 3 dari bawah karena tekanan terbesar

IWF 350x350 --> $h = 35,0 \text{ cm}$

$b = 35,0 \text{ cm}$

$a = 0,78 - 0,350 = 0,430 \text{ m}$

$b = 1,33 - 0,350 = 0,980 \text{ m}$

Tekanan pada Plat -> $P = \tau \cdot H \cdot a \cdot b$

$$= 1 \cdot 5,40 \cdot 0,430 \cdot 0,980$$

$$= 2,276 \text{ ton}$$

$R_a = R_b = \frac{1}{2} \cdot P = 1,138 \text{ ton}$

$$c = \frac{a \cdot b}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{0,430 \cdot 0,980}{2\sqrt{(0,430)^2 + (0,980)^2}}$$
$$= 0,184 \text{ m}$$

$M = (R_a + R_b) \cdot c - (R_a + R_b) \cdot \frac{1}{3} \cdot 2c$

$$= \frac{1}{3} \cdot (R_a + R_b) \cdot c$$

$$= \frac{1}{3} \cdot (1,138 + 1,138) \cdot 0,184 = 0,14 \text{ tm}$$

Jika tebal Plat = d , maka

$W = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{a^2 + b^2} \cdot d^2$

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{0,14 \cdot 10^5}{1600} = 8,75 \text{ m}^3$$

$$d = \left[\frac{6 \cdot W}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{6 \cdot 8,75}{\sqrt{(43,0)^2 + (98,0)^2}} \right]^{\frac{1}{2}}$$
$$= \sqrt{0,491} \text{ cm} = 0,7007 \text{ cm}$$

Jadi dipakai plat setebal = $0,70 \text{ cm} \approx 7,5 \text{ mm}$.

* Berat Pintu A

Ukuran pintu = $6,0 \times 4,0$

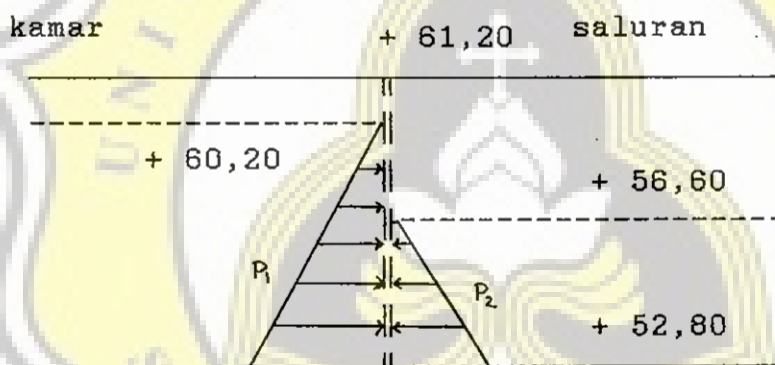
- Berat Profil

$$\text{Rasuk Vertikal} = (2 \cdot \text{IWF } 350 \times 175 + 2 \cdot \text{C}_{35}) \cdot (6,0) = 1322,40 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasuk Horizontal} &= (5 \cdot \text{IWF } 350 \times 350 + 2 \cdot \text{C}_{35}) \cdot (4,0) = 3204,80 \text{ kg} \\
 - \text{ Berat Plat} &= 2 \cdot (6,0 \cdot 4,0) \cdot (7800 \cdot 0,0075) = 2808,00 \text{ kg} \\
 - \text{ Berat Kotak Udara} &= 2 \cdot (0,430 + 0,980) \cdot 4,0 \cdot 7800 \cdot 0,0075 = 659,88 \text{ kg} \\
 &= 7995,08 \text{ kg} \\
 - \text{ Berat Paku Keling \& Plat Buhul} &= 10\% = 799,508 \text{ kg} \\
 &= 8794,588 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat Pintu A adalah = 8794,588 kg

5.9.2. Pintu B



Gambar 5.21 : Pintu baja B

Rasuk Horizontal

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil air kamar penuh yaitu} &= + 60,20 \text{ m} \\
 \text{Tinggi air} &= + 60,20 - 52,8 = 7,40 \text{ m} \\
 \text{Untuk di saluran, tinggi air} &= 56,60 - 52,8 = 3,80 \text{ m} \\
 \text{Telah diketahui tinggi pintu} &= 8,00 \text{ m} \\
 \text{Lebar pintu} &= 4,00 \text{ m} \\
 h_1 &= 7,4 \text{ m.} \\
 P_1 &= \tau \cdot h_1 \\
 &= 1 \cdot 7,4 = 7,4 \text{ t/m}^2. \\
 h_2 &= 3,8 \text{ m} \\
 P_2 &= 1 \cdot 3,8 = 3,8 \text{ t/m}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_a &= P_1 - P_2 \\
 &= 7,4 - 3,8 \\
 &= 3,6 \text{ t/m}^2.
 \end{aligned}$$

Jarak profil = $8/5 = 1,6 \text{ m. (5 pias)}$

Maka beban maksimum rangka induk adalah :

$$\begin{aligned}
 q &= P \times \text{jarak profil} \\
 &= 3,6 \times 1,6 \\
 &= 5,76 \text{ t/m.}
 \end{aligned}$$

Momen maksimumnya adalah :

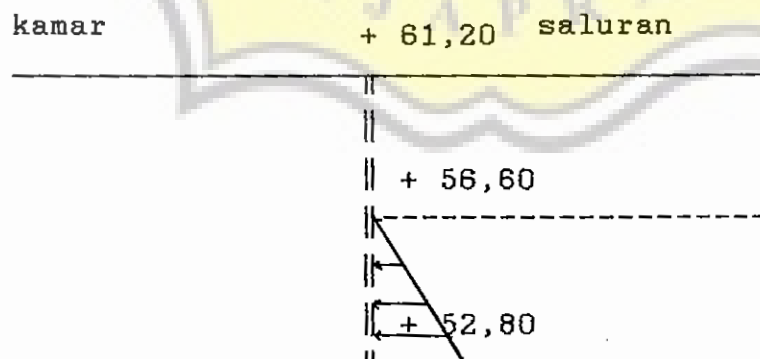
$$\begin{aligned}
 M &= 1/8 \cdot q \cdot l^2 \quad (l = \text{lebar pintu}) \\
 &= 1/8 \cdot 5,76 \cdot 4^2 \\
 &= 11,52 \text{ tm.} \\
 &= 11,52 \cdot 10^5 \text{ kg/cm.}
 \end{aligned}$$

Sedangkan mutu baja yang dipakai $\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$.

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{11,52 \cdot 10^5}{1600} = 720 \text{ cm}^3.$$

Dipakai profil: IWF 250 x 250
 $h = b = 25 \text{ cm.}$
 $W_x = 867 \text{ cm}^3.$
 $I_x = 10800 \text{ cm}^4.$

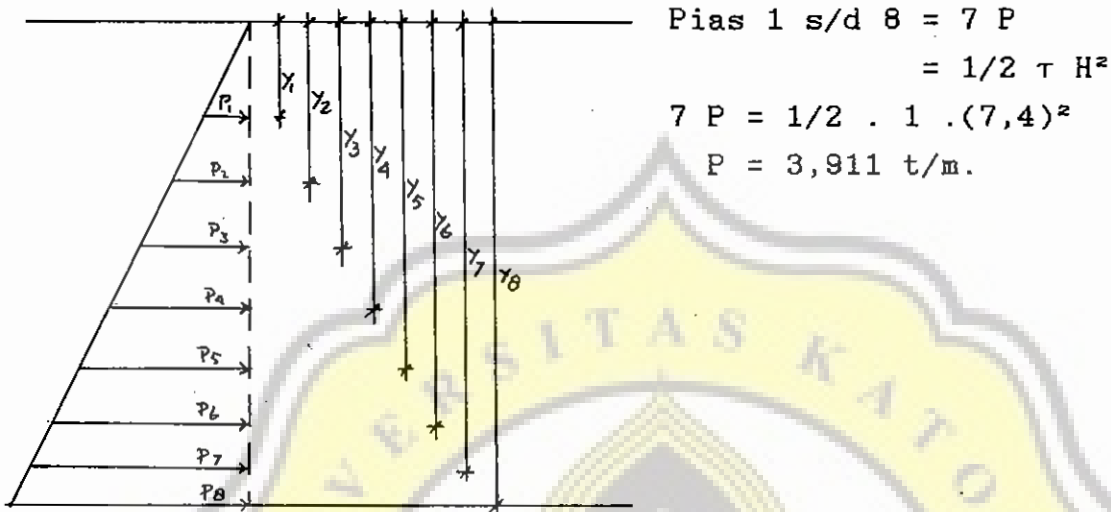
Diperhitungkan air di kamar dalam keadaan kosong :



Gambar 5.22 : Pintu B dalam keadaan kamar kosong

Telah diketahui : Tinggi air = 7,40 m
 τ air = 1 t/m³

Tekanan air pada pintu dibagi menjadi 8 pias, masing-masing pias mempunyai luas yang sama.



Gambar 5.23 : Gaya yang bekerja pada pintu

Pias 1: $\frac{1}{2} \cdot P = \tau \cdot Y1 \cdot \frac{Y1}{2}$
 $Y1 = \frac{P/\tau}{1} = 1,978\text{m}$

Pias 2: $P = \frac{\tau \cdot Y1 + \tau \cdot Y2}{2} \cdot (Y2 - Y1) \rightarrow Y2 = \frac{2P + Y1^2}{1} = 3,43 \text{ m.}$

Pias 3: $P = \frac{\tau \cdot Y2 + \tau \cdot Y3}{2} \cdot (Y3 - Y2) \rightarrow Y3 = \frac{2P + Y2^2}{1} = 4,42 \text{ m.}$

Pias 4: $P = \frac{\tau \cdot Y3 + \tau \cdot Y4}{2} \cdot (Y4 - Y3) \rightarrow Y4 = \frac{2P + Y3^2}{1} = 5,23 \text{ m.}$

Pias 5: $P = \frac{\tau \cdot Y4 + \tau \cdot Y5}{2} \cdot (Y5 - Y4) \rightarrow Y5 = \frac{2P + Y4^2}{1} = 5,93 \text{ m.}$

Pias 6: $P = \frac{\tau \cdot Y5 + \tau \cdot Y6}{2} \cdot (Y6 - Y5) \rightarrow Y6 = \frac{2P + Y5^2}{1} = 6,56 \text{ m.}$

Pias 7: $P = \frac{\tau \cdot Y6 + \tau \cdot Y7}{2} \cdot (Y7 - Y6) \rightarrow Y7 = \frac{2P + Y6^2}{1} = 7,13 \text{ m.}$

Pias 8:

$$\frac{1}{2} P = \frac{\tau \cdot Y7 + \tau \cdot Y8}{2} (Y8 - Y7) \rightarrow Y8 = \frac{P + Y7^2}{7,40} = 7,40 \text{ m.}$$

Pembebanan Masing-Masing Balok Horizontal

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{\tau \cdot Y1}{2} \cdot Y1 = 1,956 \text{ t/m} \\ q_2 &= \frac{\tau \cdot Y1 + \tau \cdot Y2}{2} (Y2 - Y1) = 3,926 \text{ t/m} \\ q_3 &= \frac{\tau \cdot Y2 + \tau \cdot Y3}{2} (Y3 - Y2) = 3,886 \text{ t/m} \\ q_4 &= \frac{\tau \cdot Y3 + \tau \cdot Y4}{2} (Y4 - Y3) = 3,908 \text{ t/m} \\ q_5 &= \frac{\tau \cdot Y4 + \tau \cdot Y5}{2} (Y5 - Y4) = 3,906 \text{ t/m} \\ q_6 &= \frac{\tau \cdot Y5 + \tau \cdot Y6}{2} (Y6 - Y5) = 3,934 \text{ t/m} \\ q_7 &= \frac{\tau \cdot Y6 + \tau \cdot Y7}{2} (Y7 - Y6) = 3,902 \text{ t/m} \\ q_8 &= \frac{\tau \cdot Y7 + \tau \cdot Y8}{2} (Y8 - Y7) = 1,962 \text{ t/m} \\ &\quad \Sigma q = 27,380 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Check:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \tau H^2 &= \Sigma q \\ \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 7,4^2 &= 27,38 \text{ t/m} \\ 27,38 \text{ t/m} &\approx 27,38 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Di ambil pias no: 3 dari bawah dengan $Y = 0,63 \text{ m}$

$$P = \tau \cdot H = 1 \cdot 7,4 = 7,4 \text{ t/m}^2$$

$$q = 0,63 \cdot 7,4 = 4,662 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 4,662 \cdot 4^2 \\ &= 9,324 \text{ tm.} \end{aligned}$$

Akibat perlemahan adalah $\pm 20\%$, maka:

$$\begin{aligned} M &= 1,2 \cdot M_{\max} \\ &= 1,2 \cdot 9,324 = 11,1888 \text{ tm} \\ &= 1118880 \text{ kg cm.} \end{aligned}$$

Menghitung gaya normal pintu

- Kedalaman air di daerah down stream

$$H1 = 3,80 \text{ m}$$

- Luas area kontak/ basah pintu daerah down stream

$$A1 = 3,80 \times 4,00 = 15,2 \text{ m}^2$$

- Titik berat area kontak pintu daerah down stream

$$x1 = 3,80/2 = 1,90 \text{ m}$$

- Kedalaman air di daerah upstream

$$H2 = 7,40 \text{ m}$$

- Luas area kontak/ basah pintu daerah upstream

$$A2 = 7,40 \times 4,00 = 29,6 \text{ m}^2$$

- Titik berat area kontak pintu didaerah upstream

$$x2 = 7,40/2 = 3,7 \text{ m}$$

$$P1 = \tau \cdot A1 \cdot x1 = 1000 \cdot 15,2 \cdot 1,90 = 28880 \text{ kg}$$

$$P2 = \tau \cdot A2 \cdot x2 = 1000 \cdot 29,6 \cdot 3,7 = 109520 \text{ kg}$$

Resultan gaya :

$$P = P2 - P1 = 109520 - 28880 = 80640 \text{ kg}$$

Reaksi antara pintu AB dan BC

$$P = \frac{P}{2 \sin \alpha} = \frac{80640}{2 \sin 11^\circ 18' 35''}$$

$$= 205596 \text{ kg}$$

Dipakai profil IWF 400x400 -> $h = 40,0 \text{ cm}$

$$b = 40,0 \text{ cm}$$

$$Wx = 3330 \text{ cm}^3$$

$$Ix = 66600 \text{ cm}^4$$

*> Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{P}{F} = \frac{11,1888 \cdot 10^5}{3330} + \frac{205596}{218,7}$$

$$= 1276,1 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

*> Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I}$$

$$= \frac{5}{48} \times \frac{11,1888 \cdot 10^5 \cdot (400)^2}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 66600}$$

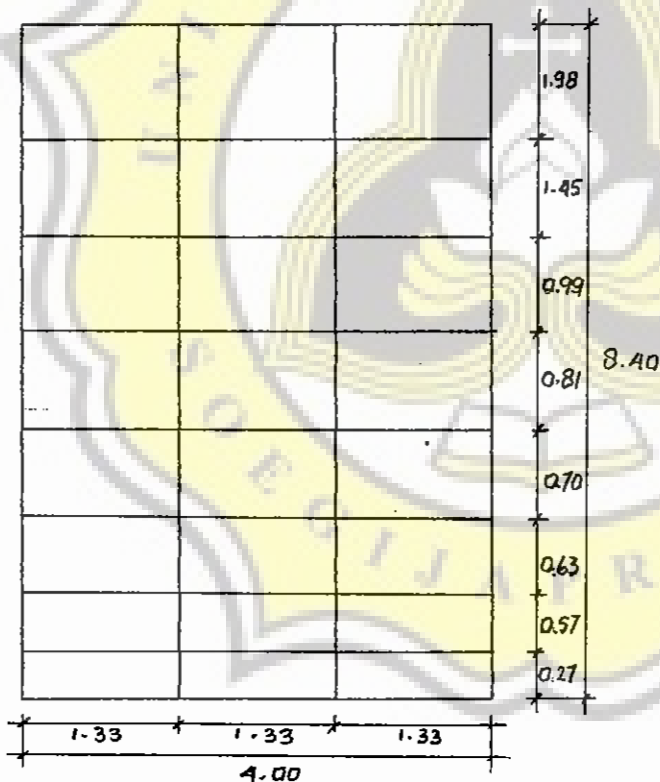
$$= 0,13 \text{ cm} < f' = \frac{400}{500} = 0,80 \text{ cm}$$

Jadi profil IWF 400x400 dapat dipakai

Rasuk Vertikal

Lebar Pintu (L) = 4 m

Dibuat 2 bentang -> jarak rasuk $4/3 = 1,33 \text{ m}$



Gambar 5.24 : Sket letak perkuatan pintu baja B

$$q = \tau \cdot H \cdot 1,33 = 1 \cdot 7,4 \cdot 1,33 = 9,842 \text{ t/m}$$

$$M = \frac{1}{24} \cdot q \cdot h^2 = \frac{1}{24} \cdot 9,842 \cdot (3,8)^2$$

$$= 5,92160 \text{ tm}$$

Dipakai profil IWF 400x200 \rightarrow $h = 40,0 \text{ cm}$
 $b = 20,0 \text{ cm}$
 $W_x = 1190 \text{ cm}^3$
 $I_x = 23700 \text{ cm}^4$

*> Kontrol Tegangan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{5,92160 \cdot 10^5 \cdot 1,2}{1190}$$

$$= 597 \text{ kg/cm}^2 < \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

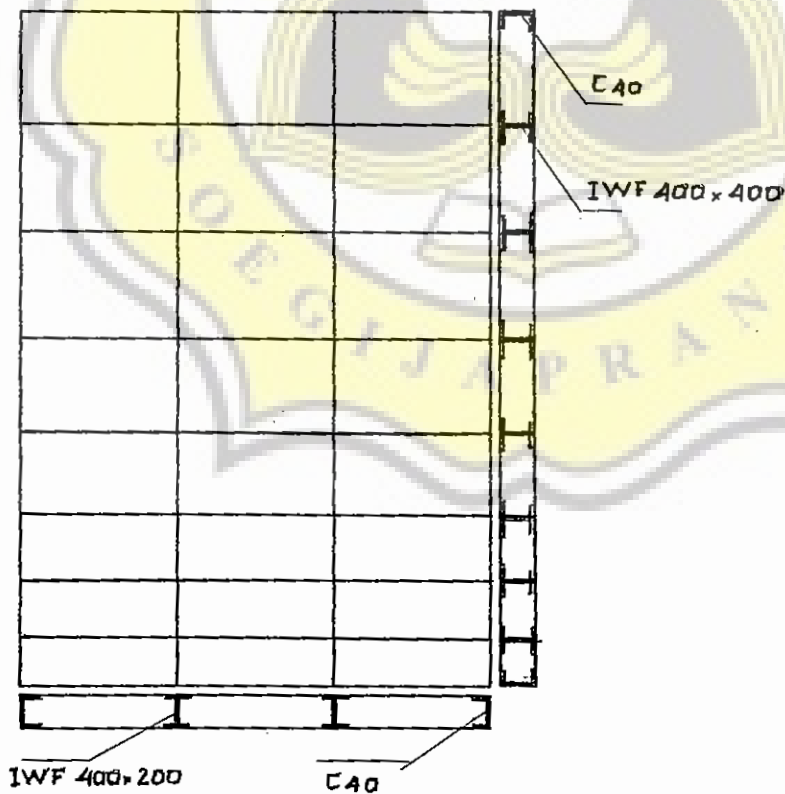
*> Kontrol Lendutan

$$f = \frac{5}{48} \times \frac{5,92160 \cdot 10^5 \cdot (380)^2 \cdot 1,2}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 23700}$$

$$= 0,215 \text{ cm} < f' = 1,44 \text{ cm}$$

Jadi profil IWF 400x200 dapat dipakai

Perhitungan Plat



Gambar 5.25 : Sket perkuatan pintu baja B

Diambil Plat no : 3 dari bawah karena tekanan terbesar

$$\text{IWF } 400 \times 400 \rightarrow h = 35,0 \text{ cm}$$

$$b = 35,0 \text{ cm}$$

$$a = 0,63 - 0,400 = 0,230 \text{ m}$$

$$b = 1,33 - 0,400 = 0,930 \text{ m}$$

$$\text{Tekanan pada Plat } \rightarrow P = \tau \cdot H \cdot a \cdot b$$

$$= 1 \cdot 3,80 \cdot 0,23 \cdot 0,930$$

$$= 0,813 \text{ ton}$$

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} \cdot P = 0,406 \text{ ton}$$

$$c = \frac{a \cdot b}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{0,23 \cdot 0,930}{2\sqrt{(0,23)^2 + (0,93)^2}}$$
$$= 0,112 \text{ m}$$

$$M = (R_a + R_b) \cdot c - (R_a + R_b) \cdot \frac{1}{3} \cdot 2c$$

$$= \frac{1}{3} \cdot (R_a + R_b) \cdot c$$

$$= \frac{1}{3} \cdot (0,406 + 0,406) \cdot 0,112 = 0,03 \text{ tm}$$

Jika tebal Plat = d, maka

$$W = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{a^2 + b^2} \cdot d^2$$

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{0,03 \cdot 10^5}{1600} = 1,895 \text{ m}^3$$

$$d = \left[\frac{6 \cdot W}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{6 \cdot 1,895}{\sqrt{(23)^2 + (93)^2}} \right]^{\frac{1}{2}}$$
$$= \sqrt{0,119} \text{ cm}$$

Jadi dipakai plat setebal = 0,345 cm \approx 5,0 mm.

* Berat Pintu B

Ukuran pintu = 8,0 x 4,0

- Berat Profil

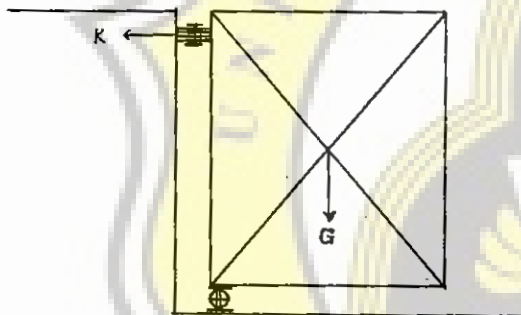
$$\text{Rasuk Vertikal} = (2 \cdot \text{IWF } 400 \times 200 + 2 \cdot \text{C}_{40}) \cdot (8,0) = 2204,80 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasuk Horizontal} &= (7 \cdot \text{IWF } 400 \times 400 + 2 \cdot \text{C}_{40}) \cdot (4,0) &= 5390,40 \text{ kg} \\
 - \text{ Berat Plat} &= 2 \cdot (8,0 \cdot 4,0) \cdot (7800 \cdot 0,005) &= 2496,00 \text{ kg} \\
 - \text{ Berat Kotak Udara} &= 2 \cdot (0,23 + 0,93) \cdot 4,0 \cdot 7800 \cdot 0,005 &= 361,92 \text{ kg} \\
 &&= 10453,12 \text{ kg} \\
 - \text{ Berat Paku Keling \& Plat Buhul} &= 10\% &= 1045,312 \text{ kg} \\
 &&= 11498,43 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat Pintu B adalah = 11498,43 kg

5.10. PERHITUNGAN ENGSEL AKIBAT BERAT SENDIRI

5.10.1. Engsel Atas



Gambar 5.26 : Engsel atas

Lebar pintu = 4,0 m

Keseimbangan momen : $K \cdot h - G \cdot a$

$$\rightarrow a = \frac{1}{2} \cdot 4,0 = 2,0 \text{ m}$$

$$K = \frac{G \cdot a}{h} = \frac{G \cdot 2,0}{h}$$

$$M = K \cdot b$$

$$K \cdot b = \sigma \cdot W$$

$$M = \sigma \cdot W$$

$$\rightarrow W = \frac{1}{10} \cdot d^3$$

$$K \cdot b = \frac{1}{10} \cdot d^3 \cdot \sigma$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{K \cdot b \cdot 10}{\sigma}}$$

a. Pintu Kembar A

Tinggi Pintu = 6,00 m (h)

Berat Pintu = 8794,588 kg (G)

$$K = \frac{G \cdot 2,0}{h} = \frac{8794,588 \cdot 2,0}{6,00}$$

$$= 2931,53 \text{ kg}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{K \cdot h \cdot 10}{\sigma}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{2931,53 \cdot 6,00 \cdot 10}{1600}}$$

$$= 4,79 \approx 5 \text{ cm}$$

Digunakan Engsel Atas ϕ 5 cm

b. Pintu Kembar B

Tinggi Pintu = 8,00 m (h)

Berat Pintu = 11498,43 kg (G)

$$K = \frac{G \cdot 2,0}{h} = \frac{11498,43 \cdot 2,0}{8,00} = 2874,61 \text{ kg.}$$

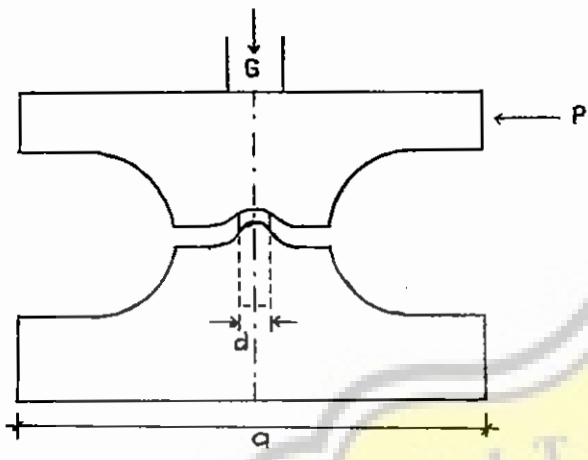
$$d = \sqrt[3]{\frac{K \cdot h \cdot 10}{\sigma}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{2874,61 \cdot 8,00 \cdot 10}{1600}}$$

$$= 5,24 \approx 6 \text{ cm}$$

Digunakan Engsel Atas ϕ 6 cm

5.10.2. Engsel Bawah



$P = K$
 = Gaya engsel

Gambar 5.27 : Engsel bawah

$$R = G^2 + P^2$$

$$r^2 = \frac{R}{\pi \cdot \sigma} = \frac{R}{3,14 \cdot 1600}$$

$$r = 0,014 R$$

a. Pintu Kembar A

$$K = P = 2931,53 \text{ kg}$$

$$G = 8794,36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} R &= G^2 + P^2 \\ &= \sqrt{(8794,36)^2 + (2931,53)^2} \\ &= 9270,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= 0,014 \cdot R \\ &= 0,014 \cdot 9270,09 = 1,35 \approx 2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d = 2 \cdot r = 4 \text{ cm}$$

Digunakan Engsel Bawah ϕ 5 cm

b. Pintu Kembar B

$$K = P = 2874,61 \text{ kg}$$

$$G = 11498,43 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 R &= G^2 + P^2 \\
 &= \sqrt{(11498,43)^2 + (2874,61)^2} \\
 &= 11852,31
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= 0,014 \cdot R \\
 &= 0,014 \cdot 11852,31 = 1,52 \approx 2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$d = 2 \cdot r = 4 \text{ cm}$$

Digunakan Engsel Bawah \varnothing 6 cm

5.10.3. Ukuran Andas

Luas = a^2 --> masing-masing sisinya adalah a
 $\sigma_b = G/a^2$ --> $\sigma_b = 75 \text{ kg/cm}^2$ (untuk beton bertulang)

$$a = \sqrt{\frac{G}{\sigma_b}}$$

a. Pintu Kembar A

$$G = 8794,588 \text{ kg}$$

$$a = \sqrt{\frac{8794,588}{75}} = 10,8 \text{ cm.}$$

Ukuran Andas dipakai 15 x 15 cm

b. Pintu Kembar B

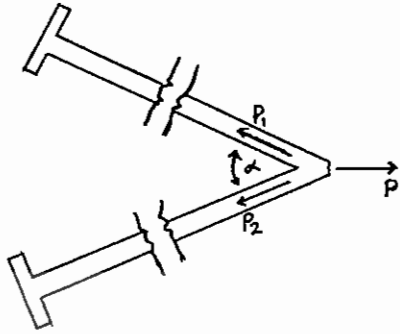
$$G = 11498,43 \text{ kg}$$

$$a = \sqrt{\frac{11498,43}{75}} = 12,38 \text{ cm.}$$

Ukuran Andas dipakai 15 x 15 cm

5.11. PERHITUNGAN ANGKER

5.11.1. Diameter Angker



$$\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Gaya Angker terpecah menjadi P_1 & $P_2 = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha$

$$\alpha = 45^\circ \text{ (misal)}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \cos \frac{1}{2} 45^\circ \\ = 0,462 \cdot P$$

Diameter Angker adalah d

Gambar 5.28 : Angker

$$\sigma = \frac{P_1}{F}$$

$$F = \frac{P_1}{\sigma} = \frac{0,462 \cdot P}{1600} = 2,88 \cdot 10^{-4} P$$

$$\text{Dari } F = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \quad d^2 = \frac{4 \cdot 2,88 \cdot 10^{-4} \cdot P}{\pi}$$

$$F = 2,88 \cdot 10^{-4} P$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,88 \cdot 10^{-4} \cdot P}{\pi}} \\ = 0,02 \sqrt{P}$$

a. Pintu Kembar A

$$P = 8794,588 \text{ kg}$$

$$d = 0,02 \cdot \sqrt{8794,588} = 1,87 \text{ cm} \approx 2 \text{ cm}$$

Dipakai Angker ϕ 20 mm

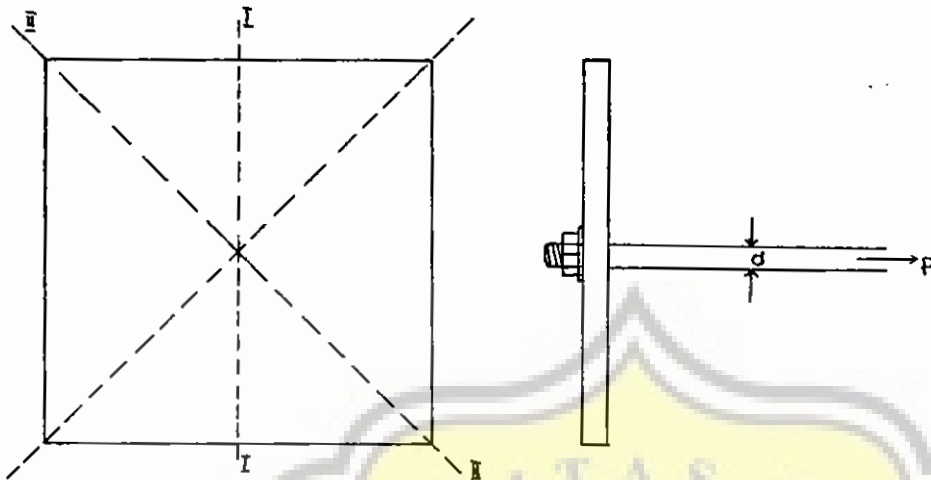
b. Pintu Kembar B

$$P = 9853,36 \text{ kg}$$

$$d = 0,02 \cdot \sqrt{9853,36} = 1,98 \text{ cm} \approx 2 \text{ cm}$$

Dipakai Angker ϕ 20 mm

5.11.2. Ukuran Plat Angker



Gambar 5.29 : Plat Angker

$$\sigma_t = (\text{Tegangan Tarik}) = 5 \text{ kg/cm}^2$$

a. Pintu Kembar A

$$P = 8794,588 \text{ kg}$$

$$F = \frac{P}{\sigma_t} \quad \rightarrow \quad F = a^2$$

$$= \frac{8794,588}{5} = 1758,9176 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{1758,9176} = 41,94 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Dipakai Plat Angker 45 x 45

b. Pintu Kembar B

$$P = 9853,36 \text{ kg}$$

$$F = \frac{9853,36}{5} = 1970,672 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{1970,672} = 44,39 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Dipakai Plat Angker 45 x 45

5.11.3. Tebal Plat Angker (δ)

a. Ditinjau Pot I - I

$$a = 45 \text{ cm}$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot \sigma_t \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot a\right)^2 \\ = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 45\right)^2 = 1265,625 \text{ kg.cm}$$

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{1265,625}{1600} = 0,791 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot \delta^2$$

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{a}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,791}{45}} \\ = 0,105 \text{ cm} \approx 0,5 \text{ cm}$$

b. Ditinjau Pot II - II

$$P = \left(\frac{1}{2} \cdot a \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot a \cdot \sqrt{2}\right) \cdot \sigma_t = \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot \sigma_t \\ = \frac{1}{2} \cdot 45^2 \cdot 5 \\ = 5062,5 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1}{6} \cdot a \cdot \sqrt{2}P = \frac{1}{6} \cdot 45 \cdot \sqrt{2} \cdot 5062,5 \\ = 53690,62 \text{ kg.cm}$$

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{53690,62}{1600} = 33,566 \text{ cm}^3$$

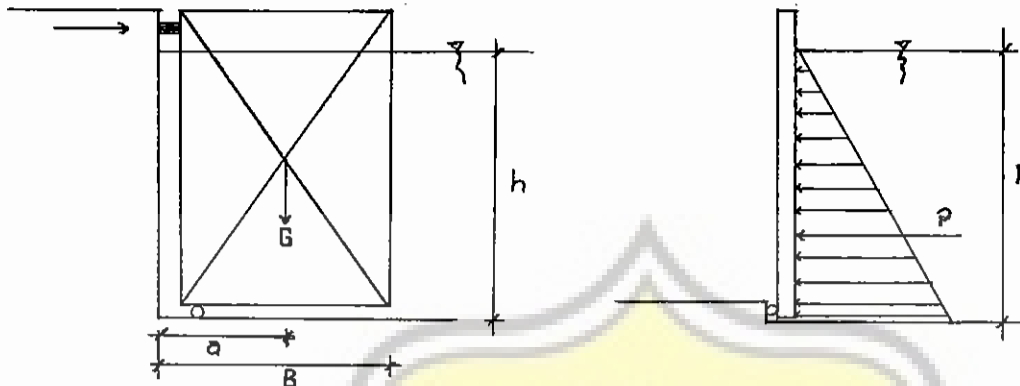
$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot \delta^2$$

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 33,566}{45 \cdot \sqrt{2}}} = 1,78 \text{ cm} \approx 2 \text{ cm}$$

Dipakai Tebal Plat Angker (δ) = 2 cm = 20 mm

5.12. PERHITUNGAN ENGSEL ATAS DAN ANGKER AKIBAT TEKanan AIR

5.12.1. Engsel Atas Akibat Tekanan Air



Gambar 5.30 : Engsel Atas

P = Tekanan air setinggi h

G = Berat Pintu

Lebar pintu (B) = 4,0 m

$a = \frac{1}{2} \cdot B = 2,0$ m

Keseimbangan gaya = $P \cdot a = K \cdot (\frac{2}{3} \cdot h + x)$

$$K = \frac{P \cdot a}{\frac{2}{3} \cdot h + x}$$

$$= \frac{1,6 \cdot P}{\frac{2}{3} \cdot h + x}$$

a. Pintu Kembar A

Tinggi air (h) = 5,4 m

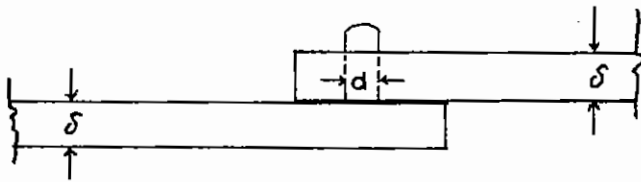
$P = \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot h^2 \cdot B$

$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 5,4^2 \cdot 4,0 = 58,32$ ton

$$K = \frac{1,6 \cdot P}{\frac{2}{3} \cdot h + x} \quad \rightarrow \quad x = 1$$

$$= \frac{1,6 \cdot 58,32 \cdot 10^3}{\frac{2}{3} \cdot 5,4 + 1} = 20285,22 \text{ kg}$$

* Tinjauan Terhadap Geser



Gambar 5.31 : Penampang Engsel

$$\begin{aligned} \text{geser} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,8 \cdot \quad = 1280 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 1280 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{4 \cdot K}{\pi \cdot 1280}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20285,22}{\pi \cdot 1280}} \\ &= 4,49 \text{ cm} \approx 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai Engsel \varnothing 5 cm

* Tinjauan Terhadap Kekuatan Momen

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot K \quad \rightarrow \delta = \text{Tebal plat angker (2 cm)} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 20285,22 \\ &= 20285,22 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{10} \cdot d^3 \\ W &= \frac{M}{\sigma} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} W &= \frac{1}{10} \cdot d^3 \\ W &= \frac{M}{\sigma} \end{aligned}} \right\} d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M}{\sigma}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 20285,22}{1600}} = 5,02 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

Dipakai Engsel \varnothing 6 cm

b. Pintu Kembar B

$$\text{Tinggi air (h)} = 8,00 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \tau \cdot h^2 \cdot B$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 8^2 \cdot 4,0 = 128 \text{ ton}$$

$$K = \frac{1,6 \cdot P}{\frac{2}{3} \cdot h + x} \quad \rightarrow \quad x = 1$$

$$= \frac{1,6 \cdot 128 \cdot 10^3}{\frac{2}{3} \cdot 8 + 1} = 32336,842 \text{ kg}$$

* Tinjauan Terhadap Geser

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot K}{\pi \cdot 1280}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 32336,842}{\pi \cdot 1280}}$$
$$= 5,67 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

Dipakai Engsel \varnothing 6 cm

* Tinjauan Terhadap Kekuatan Momen

$$M = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot K \quad \rightarrow \quad \delta = \text{Tebal plat angker (2 cm)}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 32336,842$$

$$= 32336,842 \text{ kg.cm}$$

$$W = \frac{1}{10} \cdot d^3$$

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

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M}{\sigma}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 32336,842}{1600}} = 5,86 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

Dipakai Engsel \varnothing 6 cm

5.12.2. Diameter Angker Akibat Tekanan Air

Sudah dihitung bahwa

$$P_1 = P_2 = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \cos \frac{1}{2} \alpha \quad \rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$P_1 = P_2 = 0,462$$

$$d = 0,02 \cdot \sqrt{P}$$

catatan : $P = K$

$$= \frac{1,6 \cdot P}{2/3 \cdot h + x}$$

a. Pintu Kembar A1 = A2

$$P = 46842,006 \text{ kg}$$

$$d = 0,02 \cdot \sqrt{46842,006}$$
$$= 4,328 \text{ cm} \approx 5 \text{ cm}$$

b. Pintu Kembar B

$$P = 62951,026 \text{ kg}$$

$$d = 0,02 \cdot \sqrt{62951,026}$$
$$= 5,018 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

c. Pintu Kembar C

$$P = 31278,413 \text{ kg}$$

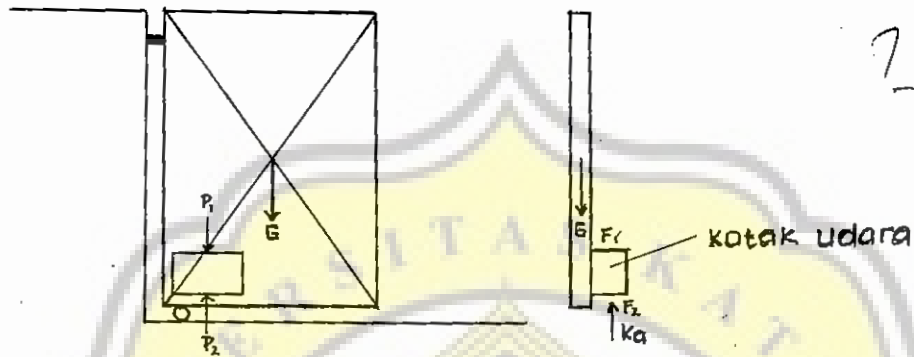
$$d = 0,02 \cdot \sqrt{31278,413}$$
$$= 3,54 \text{ cm} \approx 4 \text{ cm}$$

5.13. KOTAK UDARA

Tujuan dari pembuatan kotak udara pada dinding pintu bagian bawah adalah untuk mengurangi berat yang ditimbulkan oleh berat sendiri pintu, dimana kotak udara tersebut dapat menimbulkan gaya angkat. Dengan berkurangnya gaya yang ditimbulkan oleh berat pintu, maka akan berpengaruh terhadap komponen-komponen antara lain:

- Engsel atas
- Engsel bawah
- dan angker-angkernya.

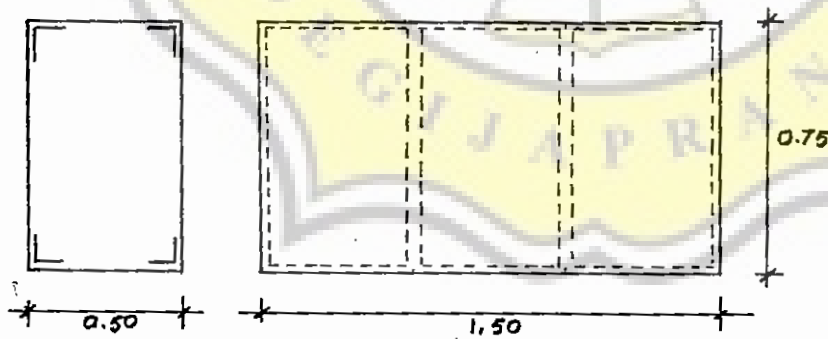
Adapun pengaruhnya terhadap beban yang dipikul komponen-komponen tersebut menjadi lebih ringan dan lebih aman terhadap pemakaiannya sesuai dengan perhitungan diatas karena beban yang ditahan lebih ringan.



Gambar 5.32 : Kotak udara

Dengan pertimbangan agar kotak udara tidak mengganggu lalu-lintas kapal, kotak udara direncanakan dengan ukuran :

- Panjang = 1,50 m
- Lebar = 0,50 m
- Tinggi = 0,75 m



Gambar 5.33 : Penampang kotak udara

a. Berat kotak udara

Frame : menggunakan baja siku 50.50.5

$$4 * 1,5 * 3,77 = 22,62 \text{ kg}$$

$$8 * 0,75 * 3,77 = 22,62 \text{ kg}$$

$$8 * 0,5 * 3,77 = 15,08 \text{ kg}$$

$$\text{Plat} : 2 * 1,5 * 0,75 * 39,30 = 88,425 \text{ kg}$$

$$2 * 1,5 * 0,5 * 39,30 = 58,95 \text{ kg}$$

$$2 * 0,5 * 0,75 * 39,30 = 29,475 \text{ kg}$$

----- +

$$= 237,170 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya angkat

$$P = P_0 + (\rho * g * h)$$

P = tekanan

P₀ = tekanan pada permukaan air

Untuk permukaan air yang luas P₀ = 0

$$F_1 = P_1 * A = (P_0 + (\rho * g * x)) * A$$

$$F_2 = (P_2 * A) + (\rho * g * v) \\ = (P_0 + (\rho * g * (x + h))) * A + (\rho * g * v)$$

dimana :

$$x = 4,40 \text{ m}$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

A = luas bidang horisontal kotak

$$F_1 = (0 + (1 * 9,8 * 4,40)) * (1,5 * 0,5) \\ = 32,34 \text{ ton (} \downarrow \text{)}$$

$$F_2 = [(0 + (1 * 9,8 * 5,15)) * (1,5 * 0,5)] + \\ (1 * 9,8 * (1,5 * 0,5 * 0,75)) \\ = 43,40 \text{ ton (} \uparrow \text{)}$$

$$\text{Gaya angkat (K}_a\text{)} = F_2 - F_1 \\ = 43,40 - 32,34 = 11,06 \text{ ton}$$

5.14. PERHITUNGAN STANG OPERASI PINTU

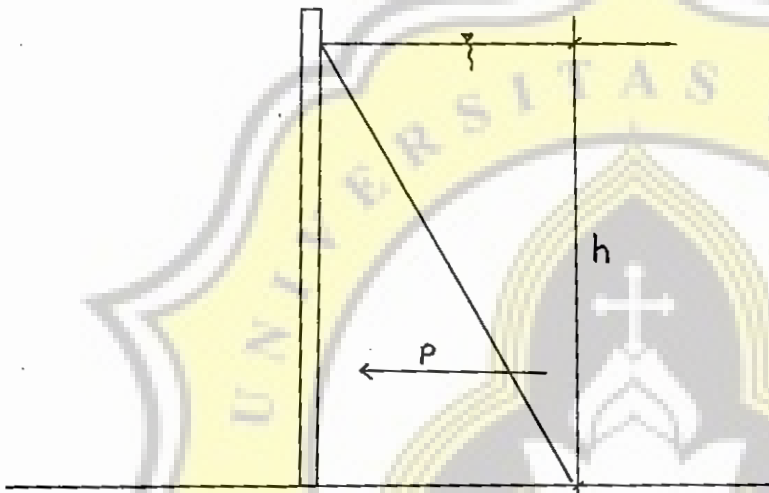
a. Pintu Gerbang A

$$p = 1/2 * \tau * h^2 = 0,5 * 1 * 5,4^2 = 14,58 \text{ ton/m}$$

$$G = \text{berat pintu} + \text{kotak udara} \\ = 8794,588 + 237,17 = 9031,758 \text{ kg}$$

$$P = p * l_p = 14,58 * 4 = 58,32 \text{ ton} \\ = 58320 \text{ kg}$$

$$P = F * \sigma_t$$



Gambar 5.34 : Tekanan air pada pintu

dimana :

P = tekanan air pada pintu

F = luas penampang stang pintu

$$= 1/4 * \pi * d^2$$

σ_t = tegangan tarik baja

$$= 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$58320 = 1/4 * \pi * d^2 * 1200 \\ 58320$$

$$d^2 = \frac{58320}{1/4 * 3,14 * 1200}$$

$$d^2 = 61,91$$

$$d = 7,86 \approx 8 \text{ cm}$$

Kontrol terhadap tekuk

$$P = \frac{\pi^2 * E * I}{L_k^2}$$

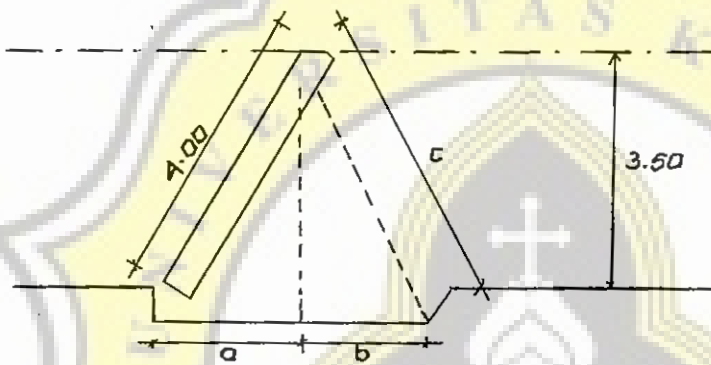
dimana :

P = besarnya tekanan

E = elastisitas baja
= $2,1 * 10^6$ kg/cm²

I = momen inersia
= $1/64 * \pi * d^4$ (cm⁴)

L_k = panjang bentang (m)



Gambar 5.35 : Tekuk pada gerbang A

$$a = \sqrt{(4)^2 - (3,5)^2} = 1,94 \text{ m}$$

$$b = 4 - 1,94 = 2,06 \text{ m}$$

$$c = L_k = \sqrt{(3,5)^2 + (2,06)^2} = 4,06 \approx 4,5 \text{ m}$$

$$P = \frac{\pi^2 * E * I}{L_k^2}$$

$$58320 = \frac{\pi^2 * 2,1 * 10^6 * 1/64 * \pi * d^4}{400^2}$$

$$d^4 = \frac{58320 * 400^2 * 64}{3,14^3 * 2,1 * 10^6}$$

$$d^4 = 9185,636$$

$$d = 9,79 \approx 10 \text{ cm}$$

Jadi diameter stang dipakai 10 cm dengan panjang 4 m

Perhitungan drat

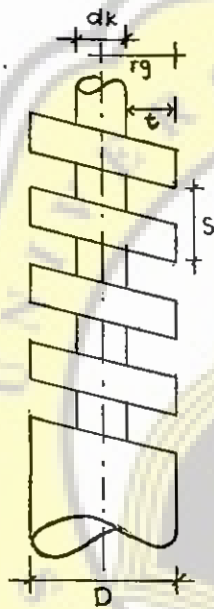
Diameter batang = 10 cm = 100 mm (dk)

Dalamnya drat diasumsikan = 8 mm (t)

$$\begin{aligned} D &= dk + 2t \\ &= 100 + (2 * 8) = 116 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_g &= 1/2 * dk + t \\ &= 1/2 * 100 + 8 = 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s = 2t = 2 * 8 = 16 \text{ mm}$$



Gambar 5.36 : Drat stang pintu

Kontrol tegangan

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{1/4 * \pi * dk^2} \\ &= \frac{58320}{1/4 * 3,14 * 10^2} \\ &= 742,49 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma < \sigma$$

$$742,49 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

b. Pintu Gerbang B

$$p = 1/2 * \tau * h^2 = 0,5 * 1 * 7,4^2 = 27,38 \text{ ton/m}$$

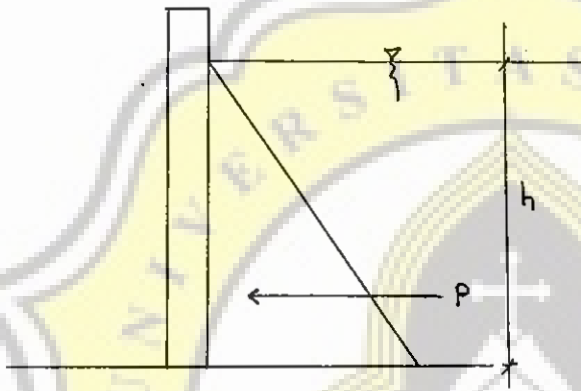
$$G = \text{berat pintu} + \text{kotak udara}$$

$$= 9853,36 + 237,17 = 10090,53 \text{ kg}$$

$$P = p * l_p = 27,38 * 4 = 109,52 \text{ ton}$$

$$= 109520 \text{ kg}$$

$$P = F * \sigma_t$$



Gambar 5.37: Tekanan air pada pintu

dimana :

P = tekanan air pada pintu

F = luas penampang stang pintu

$$= 1/4 * \pi * d^2$$

σ_t = tegangan tarik baja

$$= 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$109520 = 1/4 * \pi * d^2 * 1200$$

$$109520$$

$$d^2 = \frac{109520}{1/4 * 3,14 * 1200}$$

$$1/4 * 3,14 * 1200$$

$$d^2 = 116,26$$

$$d = 10,8 \approx 12 \text{ cm}$$

Kontrol terhadap tekuk

$$P = \frac{\pi^2 * E * I}{L_k^2}$$

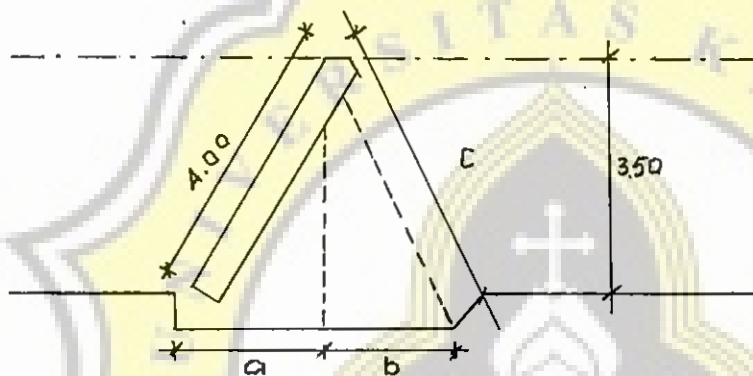
dimana :

P = besarnya tekanan

E = elastisitas baja
= $2,1 * 10^6$ kg/cm²

I = momen inersia
= $1/64 * \pi * d^4$ (cm⁴)

L_k = panjang bentang (m)



Gambar 5.38 : Tekuk pada gerbang A

$$a = \sqrt{4^2 - 3,5^2} = 1,94 \text{ m}$$

$$b = 4 - 1,94 = 2,06 \text{ m}$$

$$c = L_k = \sqrt{3,5^2 + 2,06^2} = 4,06 \approx 4,5 \text{ m}$$

$$P = \frac{\pi^2 * E * I}{L_k^2}$$

$$109520 = \frac{\pi^2 * 2,1 * 10^6 * 1/64 * \pi * d^4}{400^2}$$

$$d^4 = \frac{109520 * 400^2 * 64}{3,14^3 * 2,1 * 10^6}$$

$$d^4 = 17249,84$$

$$d = 11,46 \approx 12 \text{ cm}$$

Jadi diameter stang dipakai 12 cm dengan panjang 4 m

Perhitungan drat

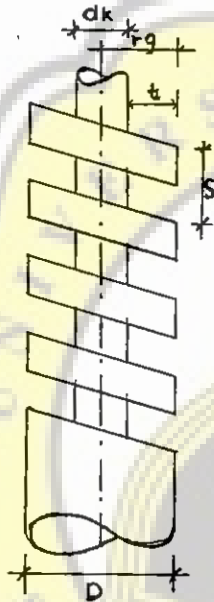
Diameter batang = 12 cm = 120 mm (dk)

Dalamnya drat diasumsikan = 8 mm (t)

$$D = dk + 2t \\ = 120 + (2 * 8) = 136 \text{ mm}$$

$$rg = 1/2 * dk + t \\ = 1/2 * 120 + 8 = 68 \text{ mm}$$

$$s = 2t = 2 * 8 = 16 \text{ mm}$$



Gambar 5.39 : Drat stang pintu

Kontrol tegangan

$$\sigma = \frac{P}{1/4 * \pi * dk^2} \\ = \frac{109520}{1/4 * 3,14 * 12^2} \\ = 968,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma < \sigma$$

$$968,86 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

5.15. LUBANG PENGISIAN dan PENGOSONGAN KAMAR

Panjang Kapal = $2 * 8 = 16$ m

Kelonggaran = 1,0 m

Panjang Kamar = $(3 * 1) + 16 = 19$ m

Lebar kamar = 7 m

Lubang Pengisian :

$$T = \frac{2 \cdot WL \cdot \sqrt{h}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (\mu_1 \cdot a_1 + \mu_2 \cdot a_2)}}$$

Dimana : T = Waktu pengisian

WL = Luas permukaan kamar

h = Selisih tinggi muka air

g = Gravitasi ($9,8 \text{ m/det}^2$)

μ_1, μ_2 = Koefisien kekasaran untuk dinding =
0,62 ; untuk pintu = 0,52

a_1, a_2 = Luas saluran pengisian

Dalam hal ini :

- Lubang pengisian melalui dinding
- Waktu pengisian 5 menit = 300 detik

$$T = \frac{2 \cdot WL \cdot \sqrt{h}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (\mu_1 \cdot a_1)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kamar (WL)} &= 7 * 19 \\ &= 133 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Diameter lubang pengisian pada gerbang A = diameter pengosongan pada gerbang B

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi muka air di saluran dan di kamar} \\ + 60,20 - 56,60 &= 3,60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$T = \frac{2 \cdot WL \cdot \sqrt{h}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot (\mu_1 \cdot a_1)}}$$

$$300 = \frac{2 \cdot 133 \cdot \sqrt{3,60}}{\sqrt{(2 \cdot 9,8) \cdot (0,62) \cdot a_1}}$$

$$a_1 = \frac{2 \cdot 133 \cdot \sqrt{3,60}}{\sqrt{(2 \cdot 9,8) \cdot 300 \cdot (0,62)}}$$

$$a_1 = 0,613 \text{ m}^2$$

Saluran pengisian pada gerbang A dibuat 4 lubang:

$$a = 4 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2\right)$$

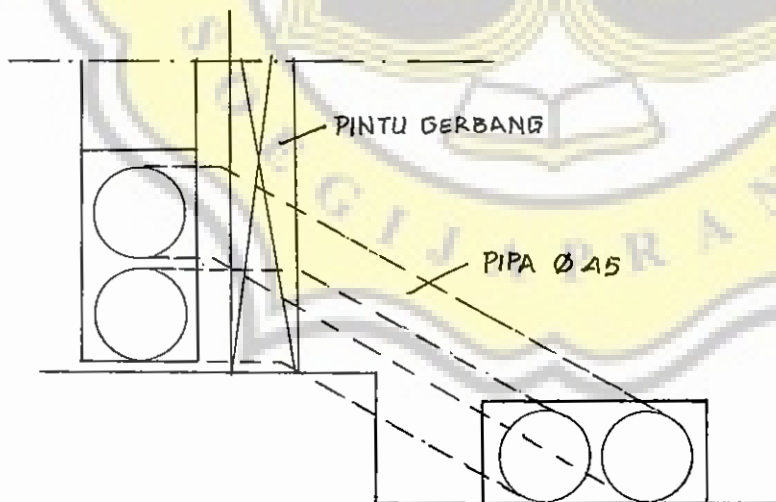
$$= 4/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{a}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,613}{\pi}}$$

$$= 0,44 \approx 0,45 \text{ m}$$

Jadi pada gerbang A terdapat 2 lubang hisap dan 2 lubang pengeluaran dengan masing-masing diameter pipa = 0,45 m yang terletak pada kanan dan kiri dinding.

Demikian pula pada gerbang B dibuat 2 lubang hisap dan 2 lubang pengeluaran dengan masing-masing diameter pipa = 0,45 m pada kanan dan kiri dinding.

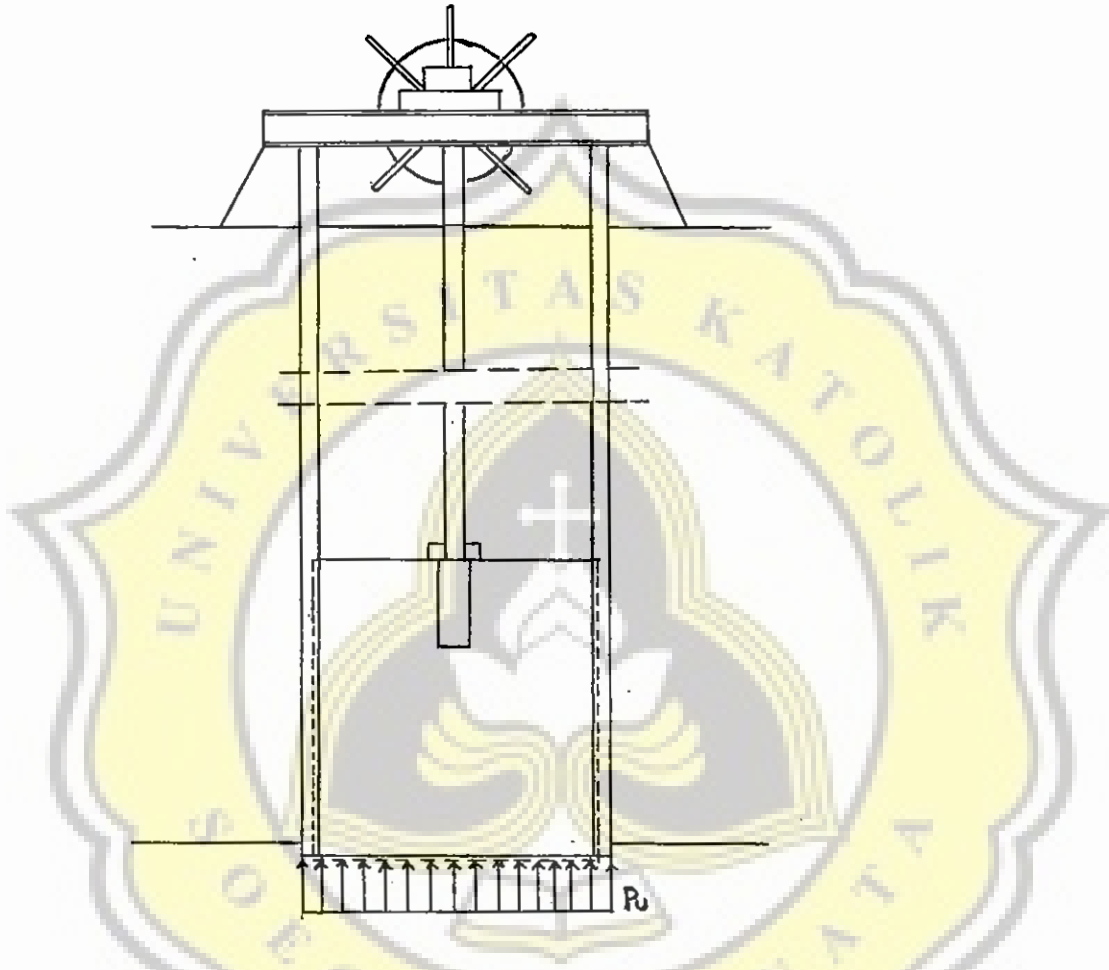


Gambar 5.40 : Saluran pengisian dan pengosongan

5.16. PERHITUNGAN PINTU PENGOSONGAN dan PENGISIAN

Stang pengangkat pintu diperhitungkan terhadap gaya tarik dan gaya tekan yang terjadi:

Ukuran pintu : - tinggi = 1,10 m
- lebar = 0,55 m
- tebal = 0,12 m



Gambar 5.41 : Pintu pengosongan dan pengisian

- Berat pintu :

Plat : $2 \cdot (1,1 \cdot 0,55) \cdot (0,005 \cdot 7800)$	= 47,19 kg
Besi IWF 100x100 : $(2 + 1 + 1) \cdot 17,2$	= 68,80 kg
Besi C 10 : $6 \cdot 10,6$	= 63,60 kg
Stang : $1/4 \cdot \pi \cdot 0,07^2 \cdot 10 \cdot 7800$	= 300,03 kg

Berat pintu (Gp) = 479,62 kg

- Gaya Hidrostatik pintu pada gerbang A (P_a)

$$\begin{aligned} P_a &= 0,5 (p_1 + p_2) \tau \cdot \text{luas pintu} \\ &= 0,5 (5,4 + 3,4) 1000 \cdot 1,1 \cdot 0,55 \\ &= 2662 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya Hidrostatik pintu pada gerbang B (P_b)

$$\begin{aligned} P_b &= 0,5 (7,4 + 5,4) 1000 \cdot 1,1 \cdot 0,55 \\ &= 3872 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Berat air diatas pintu A (W_a)

$$\begin{aligned} W_a &= 0,12 \cdot 0,55 \cdot 3,4 \cdot 1000 \\ &= 224,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Berat air diatas pintu B (W_b)

$$\begin{aligned} W_b &= 0,12 \cdot 0,55 \cdot 5,4 \cdot 1000 \\ &= 356,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya Up-lift pada pintu A

$$\begin{aligned} P_{ua} &= 0,12 \cdot 0,55 \cdot 5,4 \cdot 1000 \\ &= 356,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya Up-lift pada pintu B

$$\begin{aligned} P_{ub} &= 0,12 \cdot 0,55 \cdot 7,4 \cdot 1000 \\ &= 488,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya normal saat stang pintu A diturunkan

$$\begin{aligned} N_a &= (-f \cdot P_a) - P_{ua} + G_p + W_a \\ &= (-0,4 \cdot 2662) - 356,4 + 479,62 + 224,4 \\ &= - 717,18 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

- Gaya normal saat stang pintu B diturunkan

$$\begin{aligned} N_b &= (-f \cdot P_b) - P_{ub} + G_p + W_b \\ &= (-0,4 \cdot 3872) - 488,4 + 479,62 + 356,4 \\ &= - 1201,18 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

- Gaya normal saat stang pintu A diangkat

$$\begin{aligned} N_a &= (f \cdot P_a) - P_{ua} + G_p + W_a \\ &= (0,4 \cdot 2662) - 356,4 + 479,62 + 224,4 \\ &= 1412,42 \text{ kg (tarik)} \end{aligned}$$

- Gaya normal saat stang pintu B diangkat

$$\begin{aligned} N_b &= (f \cdot P_b) - P_{ub} + G_p + W_b \\ &= (0,4 \cdot 3872) - 488,4 + 479,62 + 356,4 \\ &= 1896,42 \text{ kg (tarik)} \end{aligned}$$

Dimensi stang ulir pintu A dan pintu B direncanakan berdasarkan gaya normal yang terjadi pada pintu B, dengan menggunakan rumus Euler :

$$N_{tk} = \frac{\pi^2 * E * I}{n * L^2}$$

Dimana :

N_{tk} = Gaya normal tekuk (kg)

E = Modulus elastisitas bahan = $2,1 * 10^6$ kg/cm²

I = Momen inersia stang ulir (cm⁴)

$$= 1/64 * \pi * d^4$$

n = Faktor keamanan, diambil 3

L = Panjang stang ulir, diambil 600 cm

$$I = \frac{N_{tk} * n * L^2}{\pi * E} = \frac{\pi * d^4}{64}$$

$$d^4 = \frac{N_{tk} * n * L^2 * 64}{\pi^3 * E}$$

$$= \frac{1896,42 * 3 * 600^2 * 64}{\pi^3 * 2,1 * 10^6}$$

$$= 2016,2$$

$$d = 6,7 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter luar (D)} = d + (2 * 0,8)$$

$$= 6,7 + 1,6$$

$$= 8,3 \text{ cm}$$

Kontrol terhadap tarik

$$\sigma_{tr} = \frac{N_{tr}}{F} = \frac{1896,42}{1/4 * \pi * (8,3 - (2 * 0,8))^2}$$

$$= 53,816 \text{ kg/cm}^2$$

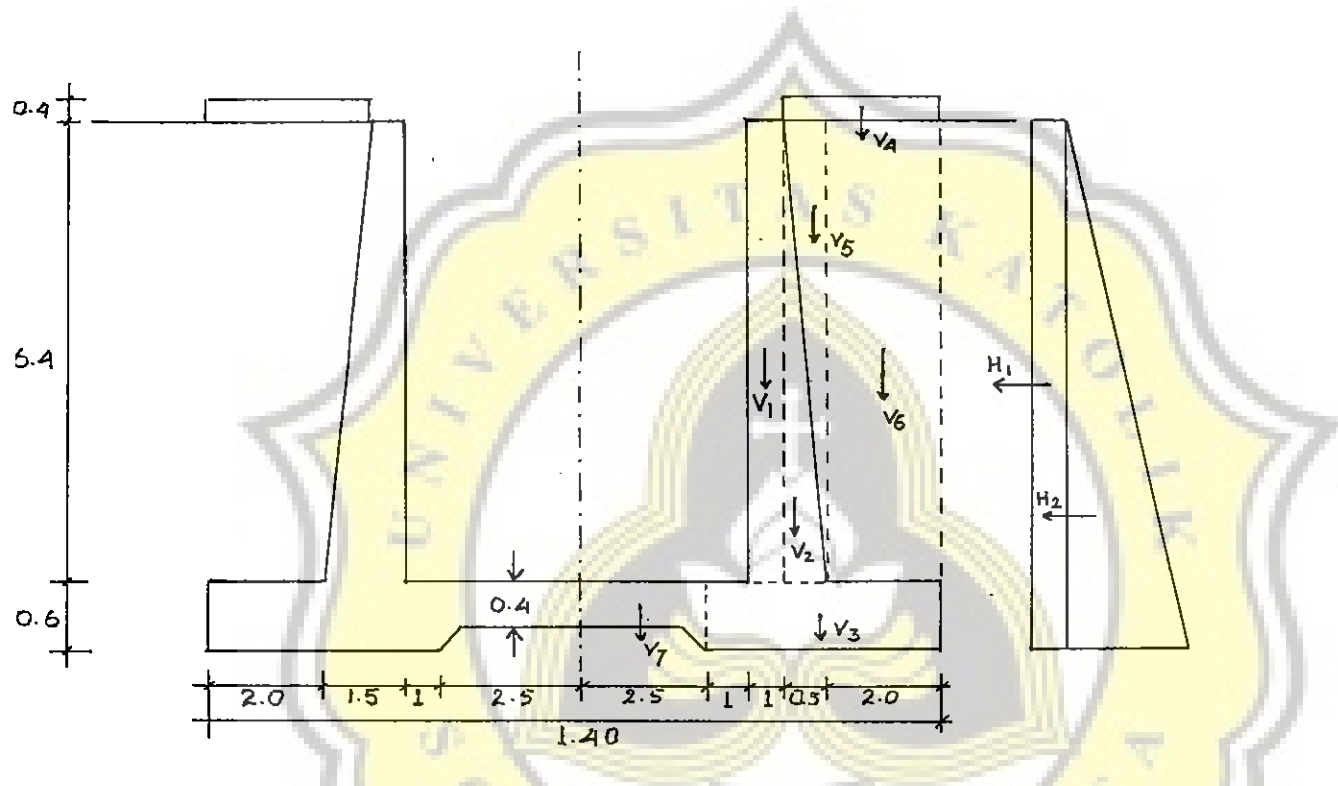
$$\sigma_{tr} < \sigma$$

$$53,816 \text{ kg/cm}^2 < 1600 \text{ kg/cm}^2$$

5.17. PERHITUNGAN DINDING KONSOL

Penampang melintang Kanal dan potongan kamar merupakan suatu konstruksi box ("□"), dimana gaya-gaya horisontal yang diterima dinding konsol dengan sendirinya tereduksi, sehingga pergeseran konstruksi dapat diabaikan.

5.17.1. Dinding Konsol A



Gambar 5.42 : Dinding Gerbang A

Data lapisan tanah :

w = water content = 38,72%

Gs = specific gravity = 2,65

e = void ratio = 0,86

θ = angle of shear resistance = 32,8°

$\tau_{\text{beton}} = 2,4 \text{ ton/m}^3$
 $(1 + w)$

$$\tau_1 = G_s \cdot \tau_w \cdot \frac{(1 + w)}{(1 + e)} = 2,65 \cdot 1 \cdot \frac{(1 + 0,3872)}{(1 + 0,86)}$$

$$\tau_1 = 1,976 \text{ t/m}^3$$

$$K_a = \text{tg}^2 (45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \theta) = \text{tg}^2 (45^\circ - 16,4^\circ)$$

$$K_a = 0,297$$

$$\begin{aligned} \tau_{\text{sat}} &= \frac{(G + e)}{(1 + e)} \cdot \tau_w \\ &= \frac{(2,65 + 0,85)}{(1 + 0,85)} \cdot 1 \\ &= 1,892 \text{ ton/m}^3 \end{aligned}$$

a. Perhitungan Gaya-Gaya Horisontal

$$H1 = q \cdot k_a \cdot Ht = 1 \cdot 0,297 \cdot 7 = 2,079 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} H2 &= \frac{1}{2} \cdot \tau_{\text{sat}} \cdot Ht^2 \cdot k_a \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,892 \cdot 7^2 \cdot 0,297 = 13,767 \text{ t} \end{aligned}$$

b. Perhitungan gaya vertikal

$$V1 = 1,0 \cdot 6,4 \cdot 2,4 = 15,360 \text{ t}$$

$$V2 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 6,4 \cdot 2,4 = 3,840 \text{ t}$$

$$V3 = 0,6 \cdot 4,5 \cdot 2,4 = 6,480 \text{ t}$$

$$V4 = q \cdot L = 1 \cdot 2,5 = 2,500 \text{ t}$$

$$V5 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 6,4 \cdot 1,61 = 2,576 \text{ t}$$

$$V6 = 2,0 \cdot 6,4 \cdot 1,61 = 20,608 \text{ t}$$

$$V7 = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 2,4 = 2,400 \text{ t}$$

Tabel 5.12 : Gaya-Gaya Vertikal dan Horisontal

GAYA	GAYA HORIZONTAL (ton)	JARAK TERHADAP Z (m)	MOMEN (ton.m)
H1	2,079	3,5	7,277
H2	13,767	2,1	28,911
	$\Sigma H = 15,846$		$\Sigma M_H = 36,188$

GAYA	GAYA VERTIKAL (ton)	JARAK TERHADAP Z (m)	MOMEN (ton.m)
V1	15,360	4,00	61,440
V2	3,840	4,67	17,933
V3	6,480	4,75	30,780
V4	2,500	5,75	14,375
V5	2,576	4,83	12,442
V6	20,608	6,00	123,648
V7	2,400	1,25	3,000
$\Sigma V = 53,764$		$\Sigma M_V = 263,618$	

* Kontrol terhadap Guling
Syarat :

$$\frac{\Sigma M_V}{\Sigma M_H} \geq SF \dots SF \text{ (Safety Factor)} = 1,5$$

$$\frac{263,618}{36,188} = 7,28 > 1,5 \quad (\text{aman})$$

* Kontrol terhadap Geser

$$F_s = \text{tg } \theta \cdot \frac{\Sigma V}{\Sigma H} > 1,5$$

$$F_s = (\text{tg } 32,8^\circ) \cdot \frac{53,764}{15,846} = 2,186 > 1,5 \quad (\text{aman})$$

* Kontrol terhadap Pecahnya Konstruksi

Syarat :

$$e = \frac{1}{2} \cdot b' - \frac{\Sigma M_V - \Sigma M_H}{\Sigma V} \leq \frac{1}{6} \cdot b' = \frac{7}{6} = 1,17$$

$$e = \frac{1}{2} \cdot 7,0 - \frac{263,618 - 36,188}{53,764} = 0,73 < 1,083$$

Konstruksi dalam keadaan stabil, karena momen yang terjadi masih didaerah inti (kern)

* Gaya Dukung Tanah

$$\theta = 32,8^\circ$$

$$c = 1,0 \text{ ton/m}^2$$

Dari grafik daya dukung tanah buku teknik sipil hal. 162 didapat :

$$N_c = 36,0$$

$$N_q = 22,0$$

$$N_\tau = 18,2$$

Daya dukung tanah dihitung dengan rumus Terzaghi untuk pondasi telapak menerus dengan rumus:

$$q_{ult} = c \cdot N_c + 0,5 \cdot \tau_{sat} \cdot b' \cdot N_\tau + \tau_{sat} \cdot H_t \cdot N_q$$

dimana :

q_{ult} = daya dukung keseimbangan

c = kohesi tanah

b' = lebar pondasi

τ_{sat} = berat jenis tanah basah

H_t = kedalaman pondasi

N_c, N_q, N_τ = faktor daya dukung Tersaghi

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 1 \cdot 36,0 + 0,5 \cdot 1,892 \cdot 7,0 \cdot 18,2 + 1,892 \cdot 7 \cdot 22 \\ &= 36,0 + 120,520 + 291,368 \\ &= 447,888 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{faktor keamanan} = 3$$

$$\begin{aligned} q &= q_{ult}/3 \\ &= 447,888/3 = 149,296 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{max} &= \frac{\Sigma V}{b' \cdot l} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{b'} \right) \\ &= \frac{53,764}{7 \cdot 1} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,730}{7} \right) \\ &= 12,49 \text{ ton/m}^2 < q \end{aligned}$$

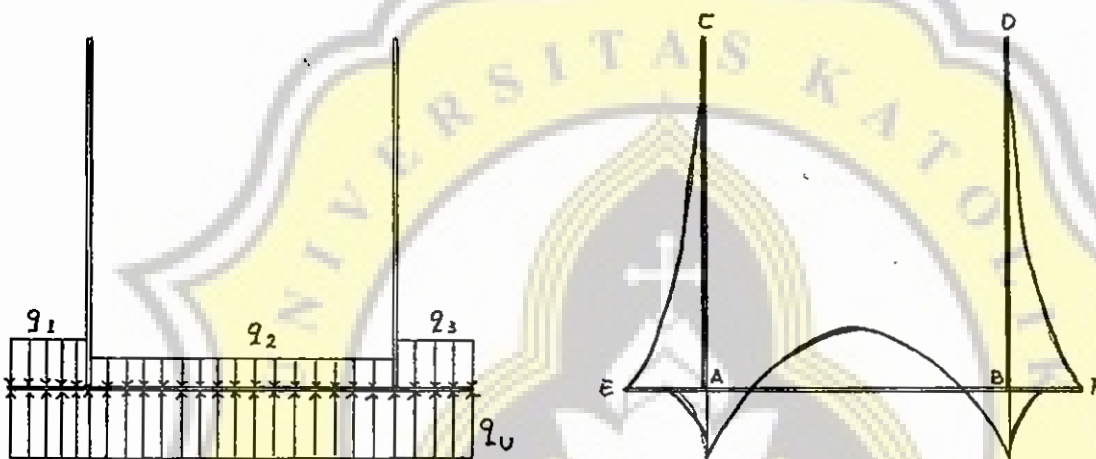
(aman)

$$q_{\min} = \frac{\Sigma V}{b' \cdot l} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b'}\right)$$

$$= \frac{53,764}{7 \cdot 1} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,730}{7}\right)$$

$$= 2,875 \text{ ton/m}^2 < q \quad (\text{aman})$$

A. Perhitungan Mekanika Teknik



Gambar 5.43 : Bidang Momen Gerbang A

$$q_1 = \text{berat sendiri} = 1 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 1,440 \text{ ton/m}$$

$$\text{berat tanah} = 1 \cdot 6,4 \cdot 1,61 = 10,304 \text{ ton/m} +$$

$$\text{-----}$$

$$11,744 \text{ ton/m}$$

$$q_2 = \text{berat sendiri} = 5 \cdot 0,4 \cdot 2,4 = 4,80 \text{ ton/m}$$

$$2(1 \cdot 0,6 \cdot 2,4) = 2,88 \text{ ton/m} +$$

$$\text{-----}$$

$$7,68 \text{ ton/m}$$

$$q_3 = \text{berat sendiri} = 1 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 1,440 \text{ ton/m}$$

$$\text{berat tanah} = 1 \cdot 6,4 \cdot 1,61 = 10,304 \text{ ton/m} +$$

$$\text{-----}$$

$$11,744 \text{ ton/m}$$

* Tekanan Up lift:

$$\begin{aligned}q &= (h * B * \tau_w) \\ &= (6,4 * 7 * 1) \\ &= 44,8 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$q < \Sigma V$$

$$44,8 \text{ ton} < 53,764 \text{ ton} \quad (\text{aman})$$

* Tegangan tanah yang terjadi

$$\sigma_t = \frac{\Sigma V}{B * 1} = \frac{53,764}{7 * 1} = 7,68 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned}q_u &= (\sigma_t) + q/B \\ &= (7,68) + 44,8/7 \\ &= 14,08 \text{ ton/m}\end{aligned}$$

a. Momen bidang A - C = B - D

$$\begin{aligned}M_{AC} &= P * 1/3 h \\ &= 0,5 * h^2 * \tau_w * 1/3 (h + h_t) \\ &= 0,5 * 6,4^2 * 1 * 1/3(6,4) \\ &= 43,69 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

b. Momen bidang A - E = B - F

$$\begin{aligned}M_{AE} &= (q_u - q_1) * l^2 * 1/2.1 \\ &= (14,08 - 11,744) * 2^2 * 1/2.2 \\ &= 9,344 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

c. Momen bidang A - B

$$\begin{aligned}M_{AB} &= 1/12 * (q_u - q_2) * l^2 \\ &= 1/12 * (14,08 - 7,68) * 7^2 \\ &= 26,13 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

B. Penulangan

$$K_{225} \text{ ----> } \sigma_b' = 75 \text{ kg/cm}^2$$

$$U_{32} \text{ ----> } \sigma_a' = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 21$$

$$\Gamma_b = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Gamma_{bm} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{21 \cdot 75} = 1,175$$

* Bidang A - C

$$M = 43,69 \text{ ton.m} = 43690 \text{ kg.m}$$

$$d_r = 125 \text{ cm},$$

$$b = 100 \text{ cm},$$

$$\begin{aligned} h &= d - s - 1/2 \cdot \phi_{tul} \\ &= 1250 - 50 - 1/2 \cdot 22 \\ &= 1189 \text{ mm} = 118,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{118,9}{21 \cdot 43690} = 5,339$$

$$\sqrt{\frac{h}{b \cdot \sigma_a}} = \sqrt{\frac{118,9}{1 \cdot 1850}} = \delta = 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \phi = 3,545 \\ \phi > \phi_o \\ 100nw = 3,667 \end{array} \right\}$$

Tulangan Simetris :

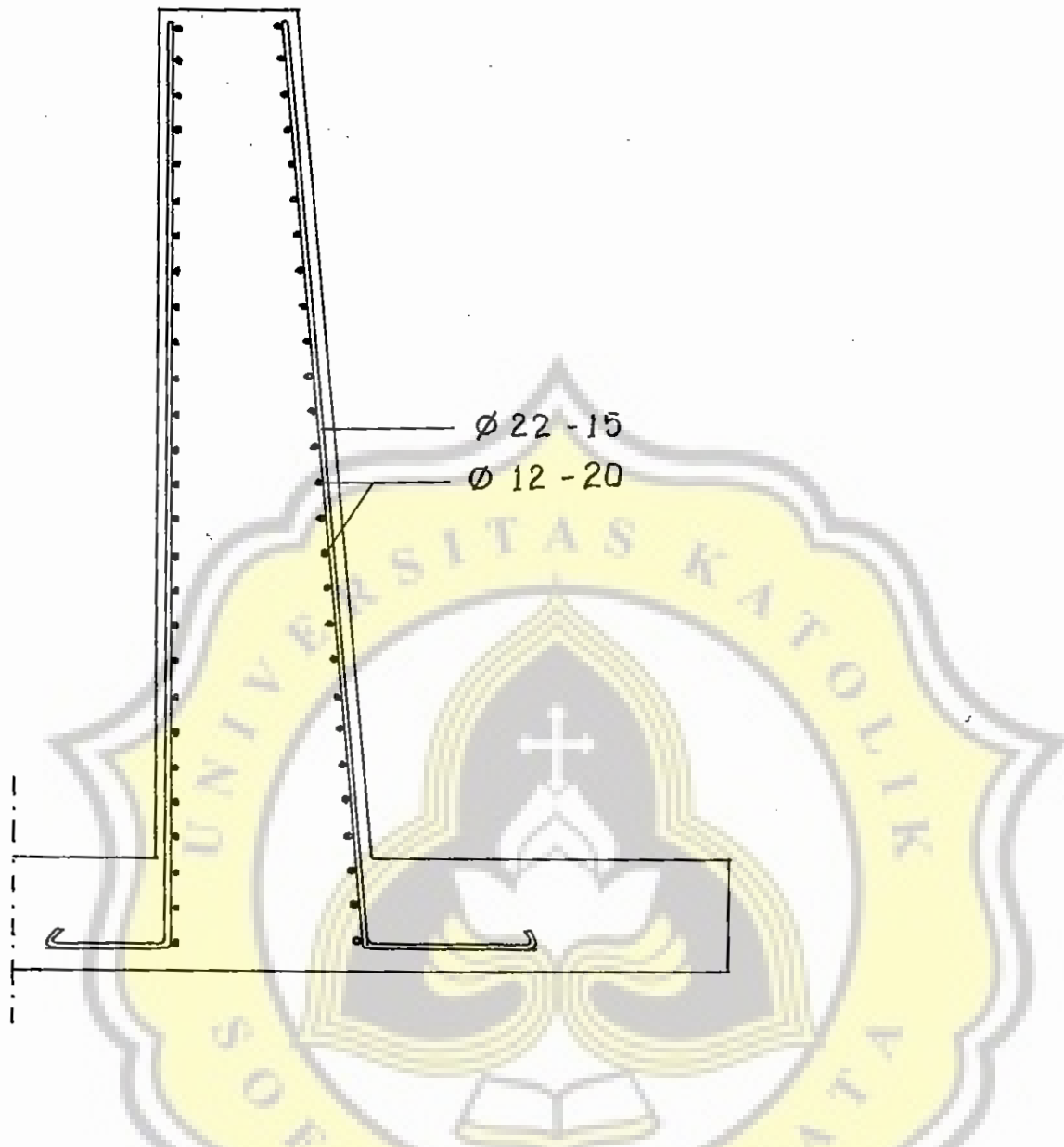
$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{3,667}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 118,9 = 20,76 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D22 - 15 (A = 25,34 cm²)

tulangan bagi : 20% . 20,76 = 4,152 cm²

Digunakan tulangan bagi : ϕ 12 - 20 (A = 5,56 cm²)



Gambar 5.44 : Penulangan dinding tegak A

* Bidang E - F

Untuk bidang E - F merupakan satu kesatuan bidang yang monolit maka di pakai momen yang terbesar.

$$M = 26,13 \text{ ton.m} = 26130 \text{ kgm}$$

$$d = 600 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h &= d - s - 1/2 \cdot \phi_{tul} \\ &= 600 - 50 - 1/2 \cdot 22 \\ &= 539 \text{ mm} = 53,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{53,9}{\sqrt{\frac{21 \cdot 26130}{1 \cdot 1850}}} = 3,129$$

$$\delta = 1 \left. \begin{array}{l} \phi = 2,125 \\ \phi > \phi_o \\ 100nw = 11,13 \end{array} \right\}$$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{11,13}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 53,9 = 24,567 \text{ cm}^2$$

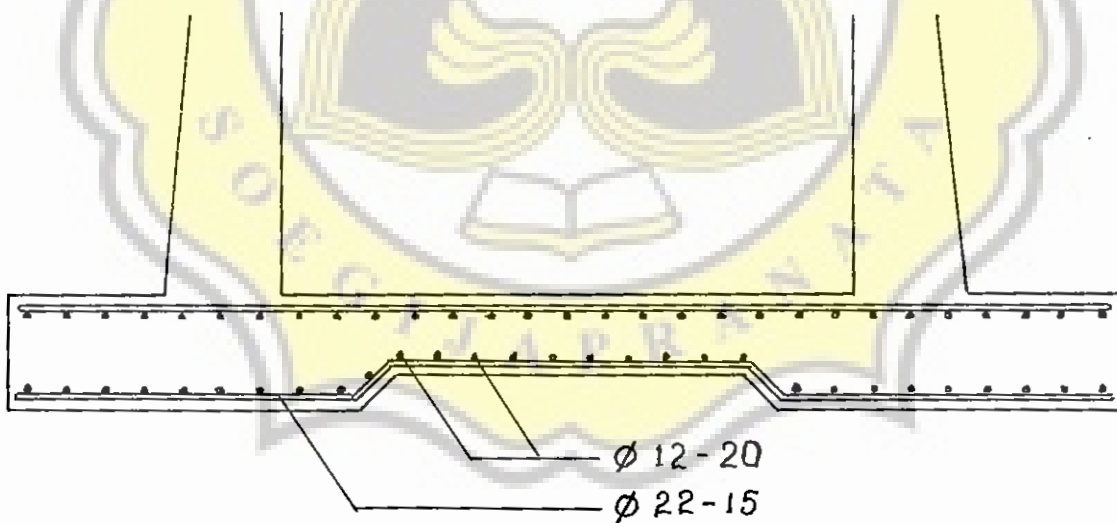
$$A_{min} = 0,25\% \cdot b \cdot h_t$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 60 = 15,00 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D22 - 15 ($A = 25,34 \text{ cm}^2$)

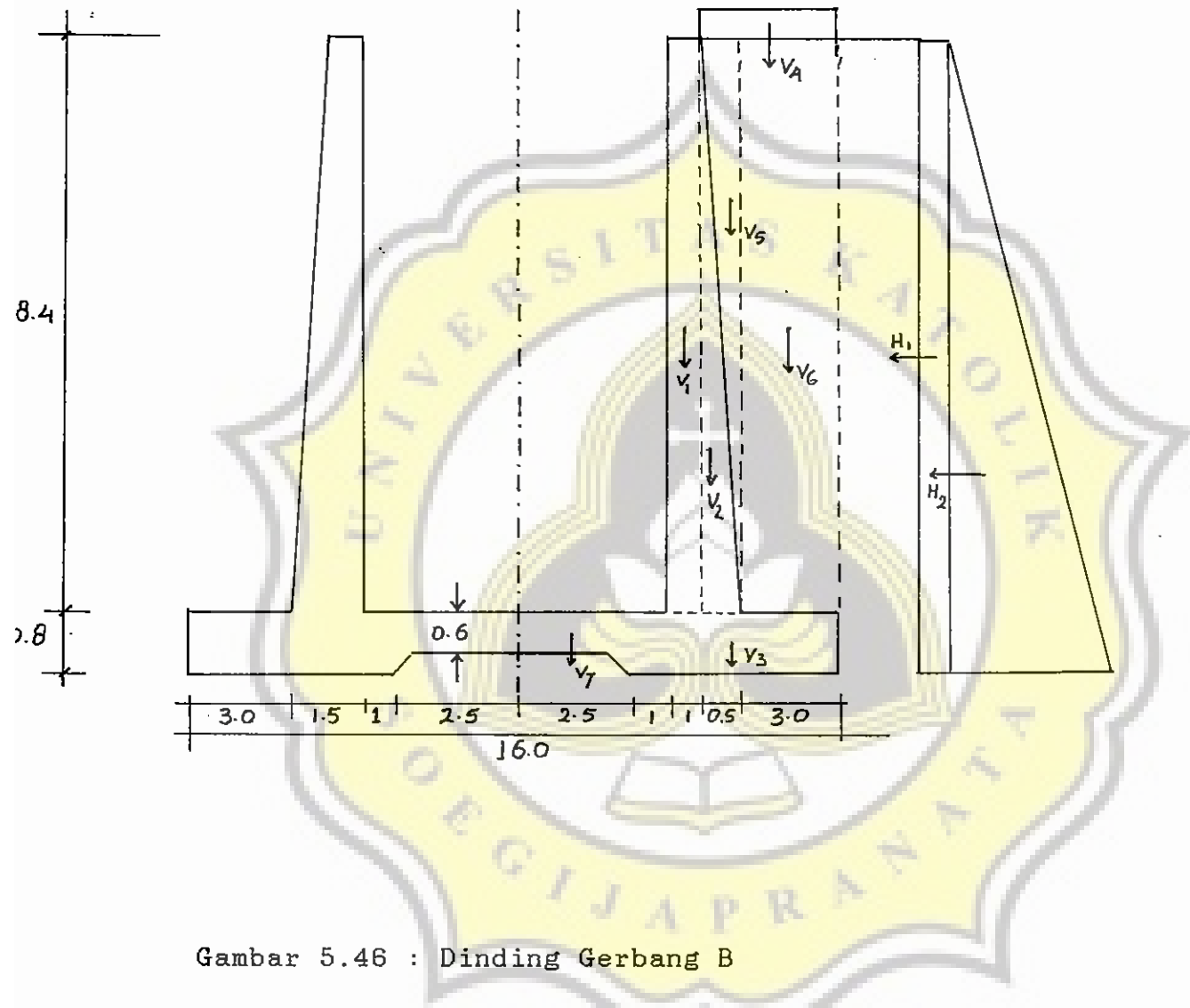
tulangan bagi : 20% $\cdot 24,56 = 4,912 \text{ cm}^2$

Digunakan tulangan bagi : $\phi 12 - 20$ ($A = 5,56 \text{ cm}^2$)



Gambar 5.45 : Penulangan lantai gerbang A

5.17.2. Dinding Konsol B



Gambar 5.46 : Dinding Gerbang B

a. Perhitungan Gaya-Gaya Horisontal

$$\begin{aligned}
 H_1 &= q \cdot k_a \cdot Ht = 1 \cdot 0,297 \cdot 9,2 = 2,732 \text{ t} \\
 H_2 &= 1/2 \cdot \tau_{\text{sat}} \cdot Ht^2 \cdot k_a \\
 &= 1/2 \cdot 1,892 \cdot 9,2^2 \cdot 0,297 = 23,781 \text{ t}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan gaya vertikal

$$\begin{aligned}
 V1 &= 1 \cdot 8,4 \cdot 2,4 &= 20,160 \text{ t} \\
 V2 &= 1/2 \cdot 0,5 \cdot 8,4 \cdot 2,4 &= 5,048 \text{ t} \\
 V3 &= 0,8 \cdot 5,0 \cdot 2,4 &= 9,600 \text{ t} \\
 V4 &= q \cdot L = 1 \cdot 3,0 &= 3,000 \text{ t} \\
 V5 &= 1/2 \cdot 0,5 \cdot 8,4 \cdot 1,61 &= 3,381 \text{ t} \\
 V6 &= 2,5 \cdot 8,4 \cdot 1,61 &= 33,810 \text{ t} \\
 V7 &= 2,5 \cdot 0,6 \cdot 2,4 &= 3,600 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.13 : Gaya-Gaya Vertikal dan Horisontal

GAYA	GAYA HORIZONTAL (ton)	JARAK TERHADAP Z (m)	MOMEN (ton.m)
H1	2,732	4,6	12,567
H2	23,781	3,1	73,721
	$\Sigma H = 26,513$		$\Sigma M_H = 86,288$

GAYA	GAYA VERTIKAL (ton)	JARAK TERHADAP Z (m)	MOMEN (ton.m)
V1	20,160	3,00	60,487
V2	5,048	4,67	23,557
V3	9,600	5,00	48,000
V4	3,000	6,00	18,000
V5	3,381	4,83	16,330
V6	33,810	6,25	211,312
V7	3,600	1,25	4,500
	$\Sigma V = 78,599$		$\Sigma M_V = 382,186$

* Kontrol terhadap Guling

Syarat :

$$\frac{\Sigma M_V}{\Sigma M_H} \geq SF \dots SF \text{ (Safety Factor)} = 1,5$$

$$\frac{382,186}{86,288} = 4,43 > 1,5 \quad (\text{aman})$$

* Kontrol terhadap Geser

$$F_s = \operatorname{tg} \theta \cdot \frac{\Sigma V}{\Sigma H} > 1,5$$

$$F_s = (\operatorname{tg} 32,8^\circ) \cdot \frac{78,599}{26,513}$$

$$= 1,911 > 1,5$$

(aman)

* Kontrol terhadap Pecahnya Konstruksi

Syarat :

$$e = \frac{1}{2} \cdot b' - \frac{\Sigma M_V - \Sigma M_H}{\Sigma V} \leq \frac{1}{6} \cdot b' = \frac{7,5}{6} = 1,250$$

$$e = \frac{1}{2} \cdot 7,5 - \frac{382,186 - 86,288}{78,599} = 0,01 < 1,250$$

Konstruksi dalam keadaan stabil, karena momen yang terjadi masih didaerah inti (kern)

* Gaya Dukung Tanah

$$\theta = 32,8^\circ$$

$$c = 1,0 \text{ ton/m}^2$$

Dari grafik daya dukung tanah buku teknik sipil hal. 162 didapat :

$$N_c = 36,0$$

$$N_q = 22,0$$

$$N_\tau = 18,2$$

Daya dukung tanah dihitung dengan rumus Terzaghi untuk pondasi telapak menerus dengan rumus:

$$q_{ult} = c \cdot N_c + 0,5 \cdot \tau_{sat} \cdot b' \cdot N_\tau + \tau_{sat} \cdot H_t \cdot N_q$$

dimana :

q_{ult} = daya dukung keseimbangan

c = kohesi tanah

b' = lebar pondasi

τ_{sat} = berat jenis tanah basah

Ht = kedalaman pondasi

N_c, N_q, N_τ = faktor daya dukung Tersaghi

$$\begin{aligned}q_{ult} &= 1.36,0 + 0,5.1,892.7,5.18,2 + 1,892.9.22 \\ &= 36,0 + 129,129 + 374,616 \\ &= 539,745 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

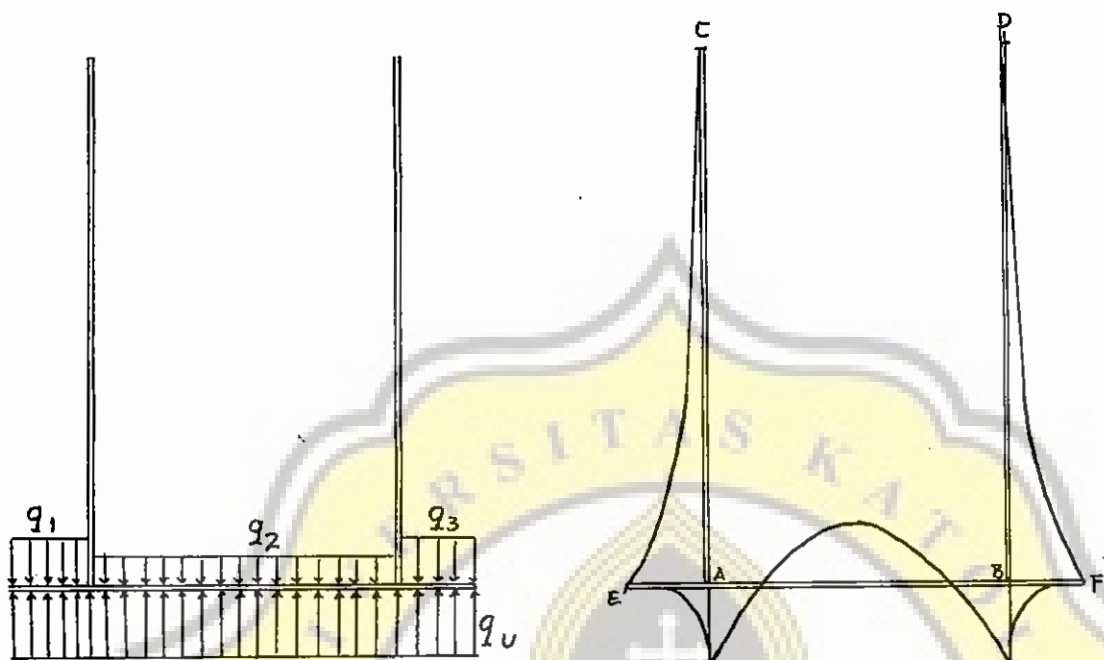
faktor keamanan = 3

$$\begin{aligned}q &= q_{ult}/3 \\ &= 539,745/3 = 179,915 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{max} &= \frac{\Sigma V}{b' * l} \left(1 + \frac{6 * e}{b'} \right) \\ &= \frac{78,599}{7,5 * 1} \left(1 + \frac{6 * 0,010}{7,5} \right) \\ &= 10,56 \text{ ton/m}^2 < q \quad (\text{aman})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{min} &= \frac{\Sigma V}{b' * l} \left(1 - \frac{6 * e}{b'} \right) \\ &= \frac{78,599}{7,5 * 1} \left(1 - \frac{6 * 0,010}{7,5} \right) \\ &= 10,39 \text{ ton/m}^2 < q \quad (\text{aman})\end{aligned}$$

A. Perhitungan Mekanika Teknik



Gambar 5.47 : Bidang Momen Gerbang B

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \text{berat sendiri} = 1 \cdot 0,8 \cdot 2,4 = 1,920 \text{ ton/m} \\
 &\quad \text{berat tanah} = 1 \cdot 8,4 \cdot 1,61 = 13,524 \text{ ton/m} + \\
 & \hspace{20em} \text{-----} \\
 & \hspace{20em} 15,444 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_2 &= \text{berat sendiri} = 0,6 \cdot 5 \cdot 2,4 = 7,20 \text{ ton/m} \\
 &\quad 2(1 \cdot 0,8 \cdot 2,4) = 3,84 \text{ ton/m} + \\
 & \hspace{20em} \text{-----} \\
 & \hspace{20em} 11,04 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_3 &= \text{berat sendiri} = 1 \cdot 0,8 \cdot 2,4 = 1,920 \text{ ton/m} \\
 &\quad \text{berat tanah} = 1 \cdot 8,4 \cdot 1,61 = 13,524 \text{ ton/m} + \\
 & \hspace{20em} \text{-----} \\
 & \hspace{20em} 15,444 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

* Tekanan Up lift:

$$\begin{aligned}q &= (h * B * \tau_w) / 2 \\ &= (8,4 * 15 * 1) / 2 \\ &= 63,0 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$q < \Sigma V$$

$$63,0 \text{ ton} < 75,541 \text{ ton} \quad (\text{aman})$$

* Tegangan tanah yang terjadi

$$\sigma_t = \frac{\Sigma V}{B * 1} = \frac{75,541}{7,5 * 1} = 10,07 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned}q_u &= (\sigma_t) + q/B \\ &= (10,07) + 63,0/7,5 \\ &= 18,47 \text{ ton/m}\end{aligned}$$

a. Momen bidang A - C = B - D

$$\begin{aligned}M_{AC} &= P * 1/3 h \\ &= 0,5 * h^2 * \tau_w * 1/3 (h + h_t) \\ &= 0,5 * 8,4^2 * 1 * 1/3 (8,4) \\ &= 59,094 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

b. Momen bidang A - E = B - F

$$\begin{aligned}M_{AE} &= (q_u - q_1) * l^2 * 1/2.1 \\ &= (18,47 - 15,444) * 3^2 * 1/2.3 \\ &= 40,851 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

c. Momen bidang A - B

$$\begin{aligned}M_{AB} &= 1/12 * (q_u - q_2) * l^2 \\ &= 1/12 * (18,47 - 11,04) * 9^2 \\ &= 50,153 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

B. Penulangan

* Bidang A - C

$$M = 59,094 \text{ ton.m} = 59094 \text{ kg.m}$$

$$d_r = 125 \text{ cm},$$

$$b = 100 \text{ cm},$$

$$h = d - s - 1/2 \cdot \phi_{tul}$$

$$= 1250 - 50 - 1/2 \cdot 25$$

$$= 1187,5 \text{ mm} = 118,75 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{118,75}{21 \cdot 59094} = 4,585$$
$$f \frac{b \cdot \sigma_a}{1 \cdot 1850} \quad f \frac{\delta = 1}{100nw} = 5,208$$

$\phi = 3,000$
 $\phi > \phi_o$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{5,208}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 118,75 = 29,45 \text{ cm}^2$$

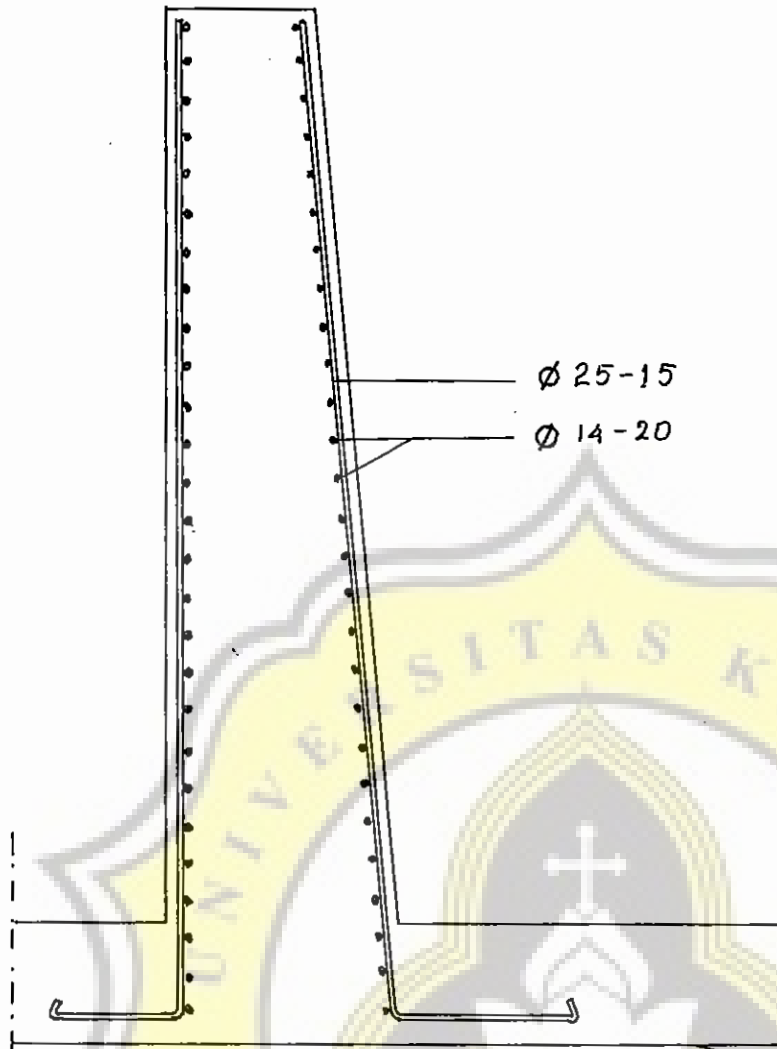
$$A_{min} = 0,25\% \cdot b \cdot h_t$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 125 = 31,25 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D25 - 15 (A = 32,71 cm²)

tulangan bagi : 20% . 31,25 = 6,25 cm²

Digunakan tulangan bagi : $\phi 14$ - 20 (A = 7,69 cm²)



Gambar 5.44 : Penulangan dinding tegak B

* Bidang E - F

Untuk bidang E - F merupakan satu kesatuan bidang yang monolit maka di pakai momen yang terbesar.

$$M = 50,153 \text{ ton.m} = 50153 \text{ kgm}$$

$$d = 800 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 h &= d - s - 1/2 \cdot \phi_{tul} \\
 &= 800 - 50 - 1/2 \cdot 22 \\
 &= 739 \text{ mm} = 73,9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ca &= \frac{h}{n \cdot M} = \frac{73,9}{21 \cdot 50153} = 3,970 \\
 \delta &= \frac{b \cdot \sigma_a}{1 \cdot 1850} = 1 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 2,571 \\ \phi > \phi_0 \\ 100nw = 7,259 \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{7,259}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 73,9 = 25,545 \text{ cm}^2$$

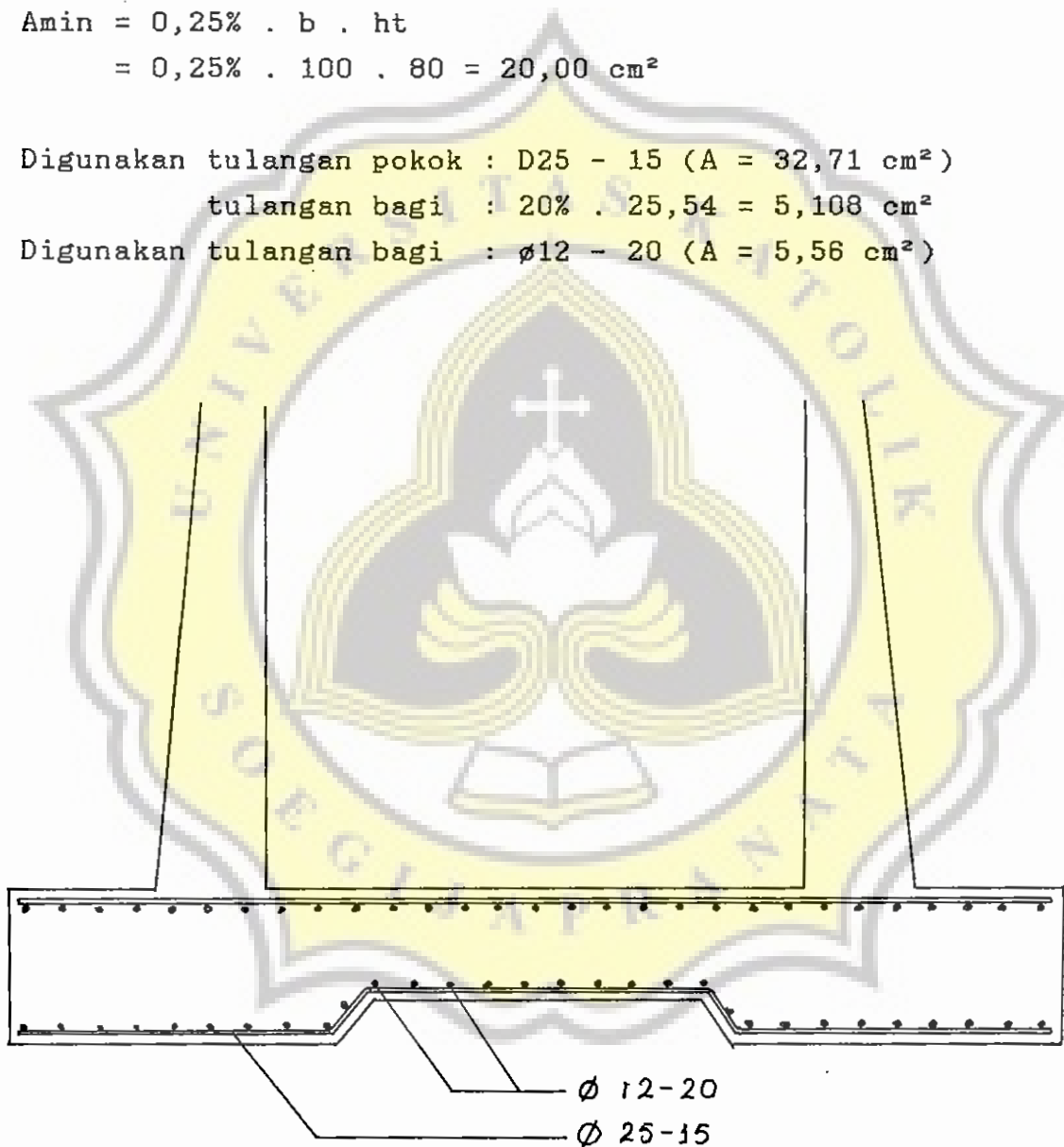
$$\text{Amin} = 0,25\% \cdot b \cdot ht$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 80 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D25 - 15 ($A = 32,71 \text{ cm}^2$)

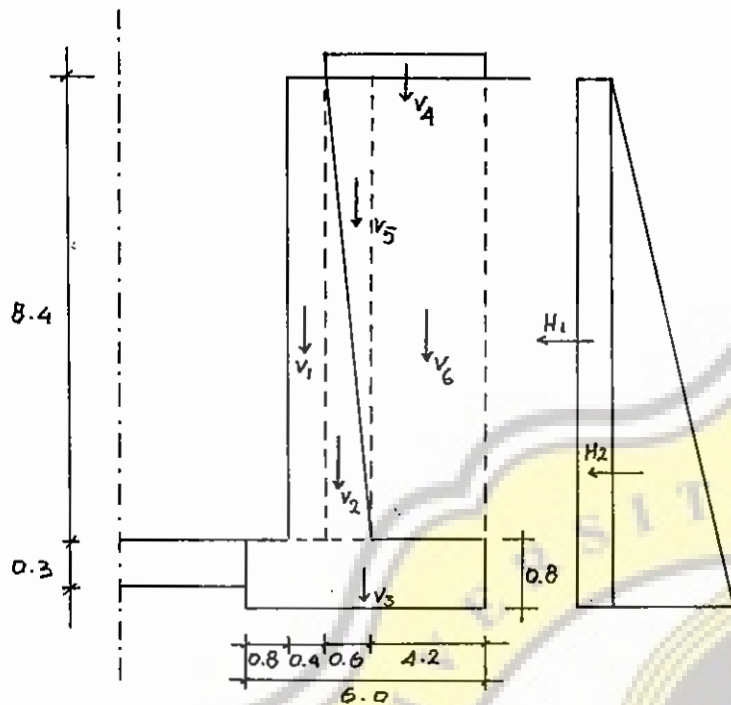
tulangan bagi : $20\% \cdot 25,54 = 5,108 \text{ cm}^2$

Digunakan tulangan bagi : $\phi 12 - 20$ ($A = 5,56 \text{ cm}^2$)



Gambar 5.45 : Penulangan lantai gerbang B

5.17.3. Dinding Konsol Kamar (Retaining Wall) 8,40 meter



- Ht = Tinggi total dinding
= $h + d' = 8,4 + 0,6$
= 9 m
- a' = lebar puncak dinding
= 0,2m s/d 0,4m = 0,4 m
- b' = lebar telapak dinding
= 0,4Ht s/d 0,8Ht = 6 m
- c' = Ht/12 s/d Ht/10
= 0,8 m
- d' = tebal telapak dinding
= Ht/14 s/d Ht/12
= 0,8 m
- e' = lebar dinding bawah
 $\leq Ht/3 = 1,0$ m

Gambar 5.46 : Dinding Gerbang

Tabel 5.13 : Gaya-Gaya Vertikal dan Horisontal

GAYA	GAYA HORIZONTAL (ton)	JARAK TERHADAP Z (m)	MOMEN (ton.m)
H1	2,732	4,6	12,567
H2	23,781	3,1	73,721
	$\Sigma H = 26,513$		$\Sigma M_H = 86,288$

GAYA	GAYA VERTIKAL (ton)	JARAK TERHADAP Z (m)	MOMEN (ton.m)
V1	8,064	1,0	8,064
V2	6,048	1,4	8,467
V3	11,520	3,0	34,560
V4	4,800	2,4	11,520
V5	4,057	1,6	6,491
V6	56,801	3,9	221,524
	$\Sigma V = 91,290$		$\Sigma M_V = 290,626$

* Gaya Dukung Tanah

$$\theta = 32,8^\circ$$

$$c = 1,0 \text{ ton/m}^2$$

Dari grafik daya dukung tanah buku teknik sipil hal. 162 didapat :

$$N_c = 36,0 ; N_q = 22,0 ; N_\tau = 18,2$$

Daya dukung tanah dihitung dengan rumus Terzaghi untuk pondasi telapak menerus dengan rumus:

$$q_{ult} = c \cdot N_c + 0,5 \cdot \tau_{sat} \cdot b' \cdot N_\tau + \tau_{sat} \cdot H_t \cdot N_q$$

dimana :

q_{ult} = daya dukung keseimbangan

c = kohesi tanah

b' = lebar pondasi

τ_{sat} = berat jenis tanah basah

H_t = kedalaman pondasi

N_c, N_q, N_τ = faktor daya dukung Tersaghi

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 1 \cdot 36,0 + 0,5 \cdot 1,892 \cdot 6 \cdot 18,2 + 1,892 \cdot 9,2 \cdot 22 \\ &= 36,0 + 103,303 + 382,941 \\ &= 522,244 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{faktor keamanan} = 3$$

$$\begin{aligned} q &= q_{ult}/3 \\ &= 396,237/3 = 174,081 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{max} &= \frac{\Sigma V}{b' \cdot l} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{b'} \right) \\ &= \frac{91,290}{6 \cdot 1} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,76}{6} \right) \\ &= 26,778 \text{ ton/m}^2 < q \end{aligned}$$

(aman)

$$q_{\min} = \frac{\Sigma V}{b' \cdot l} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b'} \right)$$

$$= \frac{91,290}{6 \cdot 1} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,76}{6} \right)$$

$$= 3,652 \text{ ton/m}^2 < q \quad (\text{aman})$$

A. Perhitungan Tapak (TOE dan HEEL)

K225 ----> $\sigma_b' = 75 \text{ kg/cm}^2$

U32 ----> $\sigma_a' = 1850 \text{ kg/cm}^2$

$n = 21$

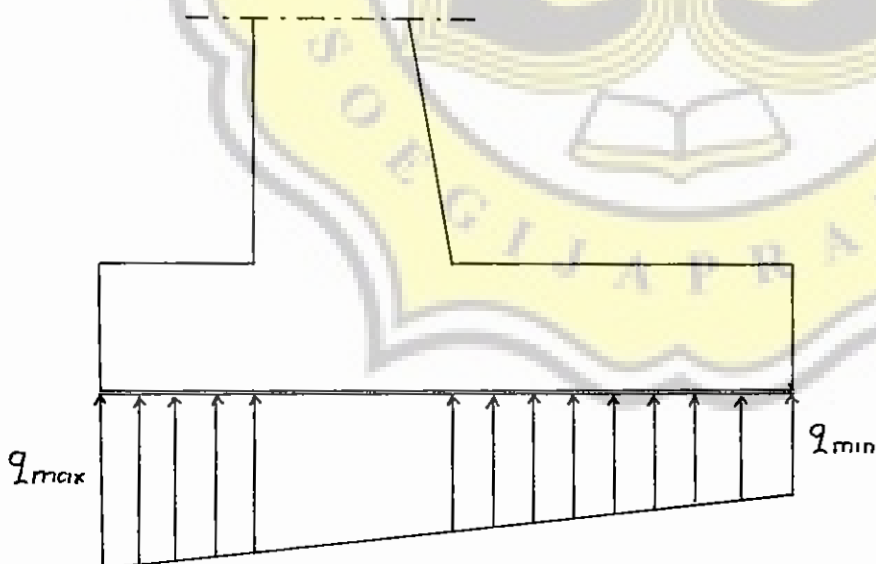
$\Gamma_b = 8 \text{ kg/cm}^2$

$\Gamma_{bm} = 20 \text{ kg/cm}^2$

$$\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{21 \cdot 75} = 1,175$$

$q_{\max} = 26,778 \text{ t/m}^2$

$q_{\min} = 3,652 \text{ t/m}^2$



Gambar 5.47 : Telapak Kaki Dinding Kamar

*** Tapak Depan (TOE)**

(Dasar: Analisa dan Desain Pondasi 2, J.E. Bowles, hal.95)

$$q = 26,778 - (0,8 \cdot 2,4) - (1/6 (26,778 - 3,652) \cdot x)$$

dimana : $x = \text{panjang TOE} = 0,8 \text{ meter}$

$$q = 24,858 - (3,854 \cdot 0,8) = 21,775 \text{ t/m}$$

$$V = \int q \, dx = 24,858 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 3,854 \cdot x^2$$

$$= 24,858 \cdot 0,8 - \frac{1}{2} \cdot 3,854 \cdot 0,8^2 = 18,653 \text{ t}$$

$$M = \int V \, dx = \frac{1}{2} \cdot 24,858 \cdot x^2 - \frac{1}{6} \cdot 3,854 \cdot x^3$$

$$= 7,656 \text{ t.m}$$

$$C_a = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{(80 - 5)}{21 \cdot 7656} = 8,045$$

$$\sqrt{\frac{b \cdot \sigma_a}{1 \cdot 1850}} = \delta = 1$$

$\phi = 5,250$
 $\phi > \phi_0$
 $100nw = 1,641$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{1,641}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 75 = 5,861 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,25\% \cdot b \cdot h_t$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 80 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D22 - 15 ($A = 25,34 \text{ cm}^2$)

tulangan bagi : 20% $\cdot 20,00 = 4,00 \text{ cm}^2$

Digunakan tulangan bagi : $\phi 12 - 20$ ($A = 5,56 \text{ cm}^2$)

Pengaruh Geser Lentur

$$D = q \cdot x = 21,775 \cdot 0,8 = 17,420 \text{ t} = 17420 \text{ kg}$$

$$\Gamma_b = \frac{8}{7} \cdot \frac{D}{b \cdot h} = \frac{8}{7} \cdot \frac{17420}{100 \cdot 75} = 2,654 \text{ kg/cm}^2$$

$$2,654 \text{ kg/cm}^2 < 8 \text{ kg/cm}^2$$

*** Tapak Belakang (HEEL)**
Beban

- Akibat tanah diatasnya : $8,4 \cdot 1,976 = 16,598 \text{ t/m}$
- Akibat berat sendiri : $0,8 \cdot 1,2,4 = 1,920 \text{ t/m}$

$$q_h = 18,518 \text{ t/m}$$

$$q = 18,518 - 1,92 - (1/6 \cdot 23,126 \cdot x) \rightarrow x = 4,2 \text{ m}$$

$$= 16,598 - (3,854 \cdot 4,2) = 0,410 \text{ t/m}$$

$$V = 16,598 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 3,854 \cdot x^2 = 35,719 \text{ t}$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot 16,598 \cdot x^2 - 1/6 \cdot 3,854 \cdot x^3 = 38,805 \text{ t.m}$$

$$Ca = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{(80 - 5)}{21 \cdot 38805} = 3,573$$

$$\sqrt{\frac{b \cdot \sigma_a}{1 \cdot 1850}} = \delta = 1$$

$$\left. \begin{array}{l} \phi = 2,390 \\ \phi = \phi_0 \\ 100nw = 8,532 \end{array} \right\}$$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{8,5320}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 75 = 30,47 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 0,25\% \cdot b \cdot h$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 75 = 18,75 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D25 - 15 ($A = 32,71 \text{ cm}^2$)

tulangan bagi : $20\% \cdot 30,47 = 6,09 \text{ cm}^2$

Digunakan tulangan bagi : $\phi 14 - 20 (A = 7,69 \text{ cm}^2)$

Pengaruh Geser Lentur

$$D = q \cdot x = 0,410 \cdot 2,4 = 0,328 \text{ t} = 328 \text{ kg}$$

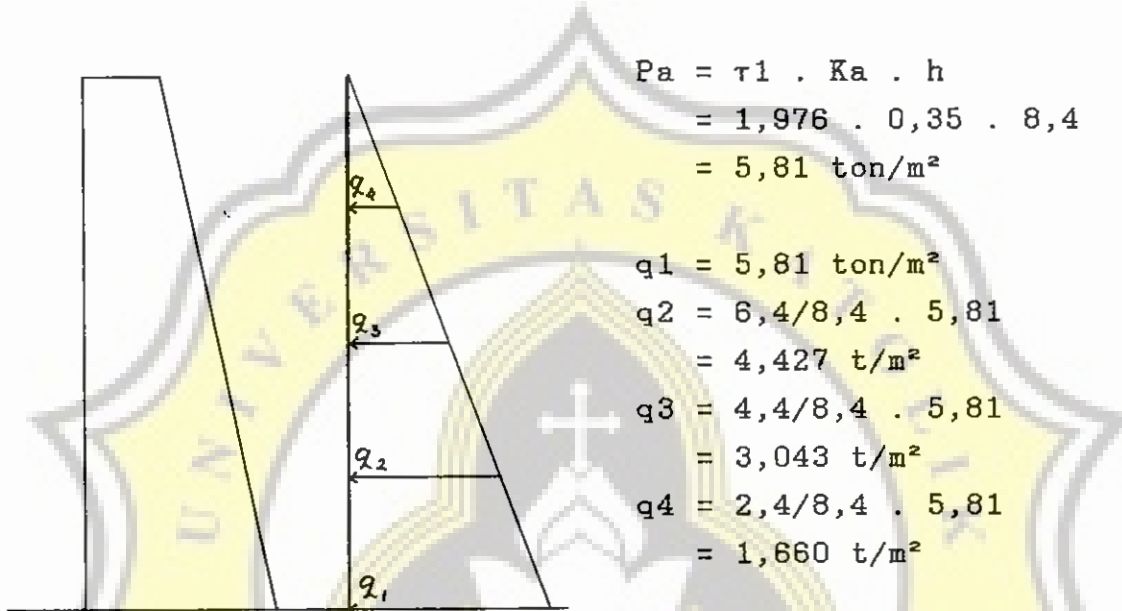
$$\Gamma_b = \frac{8}{7} \cdot \frac{D}{b \cdot h} = \frac{8}{7} \cdot \frac{328}{100 \cdot 75} = 0,05 \text{ kg/cm}^2$$

$$0,05 \text{ kg/cm}^2 < 8 \text{ kg/cm}^2$$

B. Pembesian (Reinforcement) Dinding Konsol

Tinggi plat tegak adalah 8,4 m

Pembesian untuk plat tegak tidak disamakan untuk seluruh plat, sebab diagram tekanan tanah aktif pada bidang plat tidak sama. Maka pembesian akan dibeda - bedakan dalam beberapa meter tinggi agar lebih aman dan ekonomis.



Gambar 5.48 : Diagram Tekanan Tanah Pada Dinding

Plat dapat dianggap menumpu atas banyak tumpuan yaitu pada counterfort, maka timbul momen lapangan dan tumpuan.

Jarak antar counterfort (L) = 4,00 m.

$$M. \text{ lap} = + 1/10 \cdot q \cdot L^2$$

$$M. \text{ tump} = - 1/10 \cdot q \cdot L^2$$

$$M_1 = 1/10 \cdot 5,810 \cdot 4,00^2 = 9,296 \text{ tm}$$

$$M_2 = 1/10 \cdot 4,427 \cdot 4,00^2 = 7,083 \text{ tm}$$

$$M_3 = 1/10 \cdot 3,043 \cdot 4,00^2 = 4,869 \text{ tm}$$

$$M_4 = 1/10 \cdot 1,660 \cdot 4,00^2 = 2,656 \text{ tm}$$

Dimensi Tulangan

1. Elevasi + 52,80 m s/d + 54,80 m

$$M1 = 9296 \text{ kg.m}$$

$$h_{rt} = (0,8571 + 1)/2 = 0,93 \text{ m}$$

$$h = h_{rt} - d = 93 - 5 = 88 \text{ cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{88}{\sqrt{\frac{21 \cdot 9296}{1 \cdot 1850}}} = 8,566 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 5,667 \\ \delta = 1 \end{array} \right\} 100nw = 1,406$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{1,406}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 88 = 5,892 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,25\% \cdot 100 \cdot 93 = 23,25 \text{ cm}^2$$

$$20\% \cdot A_{min} = 0,2 \cdot 23,25 = 4,65 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan : D22 - 15 (A = 25,34 cm²)

tulangan bagi : ϕ 12 - 20 (A = 5,56 cm²)

2. Elevasi + 54,80 m s/d + 56,8 m

$$M2 = 7083 \text{ kg.m}$$

$$h_{rt} = (0,714 + 0,8571)/2 = 0,79 \text{ m}$$

$$h = h_{rt} - d = 79 - 5 = 74 \text{ cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{74}{\sqrt{\frac{21 \cdot 7083}{1 \cdot 1850}}} = 8,253 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 5,452 \\ \delta = 1 \end{array} \right\} 100nw = 1,521$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{1,521}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 74 = 5,360 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 0,25\% \cdot 100 \cdot 79 = 19,75 \text{ cm}^2$$

$$20\% \cdot A_{min} = 0,2 \cdot 19,75 = 3,85 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan : D22 - 15 (A = 25,34 cm²)

tulangan bagi : ø12 - 20 (A = 5,56 cm²)

3. Elevasi + 56,80 m s/d + 58,80 m

M3 = 4869 kg.m

$h_{rt} = (0,571 + 0,714)/2 = 0,64$ m

$h = h_{rt} - d = 64 - 5 = 59$ cm

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{59}{\sqrt{\frac{21 \cdot 4869}{1 \cdot 1850}}} = 7,936 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 5,250 \\ \delta = 1 \end{array} \right\} 100nw = 1,641$$

$A = w \cdot b \cdot h$

$$= \frac{1,641}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 59 = 4,610 \text{ cm}^2$$

Amin = 0,25% . 100 . 64 = 16,00 cm²

20% . Amin = 0,2 . 11,25 = 3,20 cm²

Digunakan tulangan : D19 - 15 (A = 18,91 cm²)

tulangan bagi : ø10 - 20 (A = 3,93 cm²)

4. Elevasi + 58,80 m s/d 61,20 m

M4 = 2656 kg.m

$h_{rt} = (0,4 + 0,571)/2 = 0,49$ m

$h = h_{rt} - d = 49 - 5 = 44$ cm

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{44}{\sqrt{\frac{21 \cdot 2656}{1 \cdot 1850}}} = 8,013 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 5,250 \\ \delta = 1 \end{array} \right\} 100nw = 1,641$$

$A = w \cdot b \cdot h$

$$= \frac{1,641}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 44 = 3,438 \text{ cm}^2$$

Amin = 0,25% . 100 . 49 = 12,25 cm²

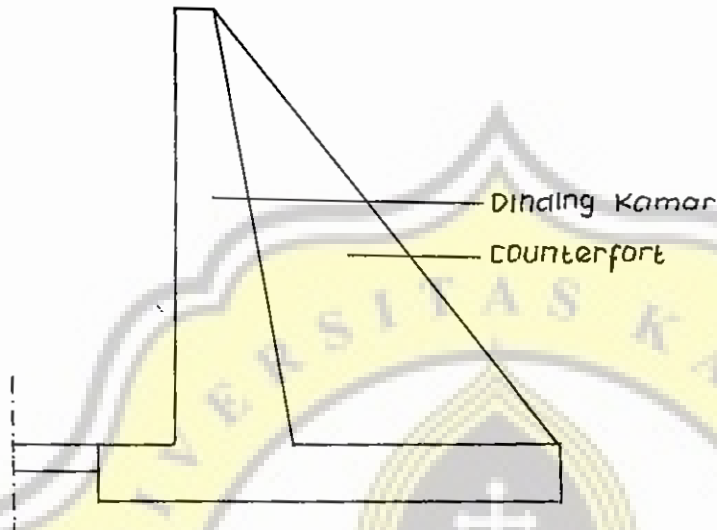
20% . Amin = 0,2 . 11,25 = 2,45 cm²

Digunakan tulangan : D19 - 15 (A = 18,91 cm²)

tulangan bagi : ø10 - 20 (A = 3,93 cm²)

5.17.4. Perhitungan Dinding Pertebalan (Counterfort)

Perhitungan dinding pertebalan didasarkan pada saluran gerbang B dengan tinggi dinding 8,40 m.



Gambar 5.49 : Counterfort

$$\operatorname{tg} \theta = 4,20/8,40 = 0,5$$

$$\theta = 26,56^\circ$$

$$\sin \theta = 0,447$$

$$\cos \theta = 0,894$$

$$d \text{ total} = 4,20 \cdot \cos \theta = 3,76 \text{ m}$$

$$d \text{ eff} = h = 3,76 - 0,1 = 3,66 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1,892 \cdot 0,297 \cdot 8,40^2 = 19,825 \text{ ton}$$

$$\text{Jarak Counterfort} = 4,0 \text{ m dan tebal } 40 \text{ cm}$$

$$M \text{ max} = 1/3 \cdot 19,825 \cdot 8,40 \cdot 4,0 \cdot \cos 26,56 = 198,607 \text{ tm}$$

* Pembesian

$$M = 198607 \text{ kg.m}$$

$$h = 366 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{366}{\sqrt{\frac{21 \cdot 198607}{0,4 \cdot 1850}}} = 4,875 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 2,831 \\ \delta = 0 \end{array} \right\} 100n_w = 4,609$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{4,609}{21 \cdot 100} \cdot 40 \cdot 243 = 21,333 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan : 10 D 22 (A = 37,994 cm²)

Tulangan memanjang counterfort tersebut dikurangi menjadi setengahnya pada jarak ($\frac{1}{2} \cdot 8,40 = 4,20 \text{ m}$)

Dipakai tulangan 5 D 22 (A = 18,997 cm²)

Sambungan Counterfort ke Badan Dinding

Gaya tarik yang dipikul sengkang pada dasar badan (pot. A-A) dengan diambil tinggi badan = 1 meter

$$W1 = \text{berat tanah yang menekan plat badan selebar 1 m} \\ = 8,40 \cdot 1,892 \cdot 0,297 \cdot 1 = 4,72 \text{ ton}$$

$$P1 = 4,72 \cdot 4,0 = 18,88 \text{ ton}$$

Penulangan sengkang yang diperlukan :

$$As \text{ total} = 19800 / \sigma_{au}^* = 18880 / 2780 = 6,791 \text{ cm}^2$$

Dipakai sengkang 2 penampang ϕ 10 mm

$$\text{Luas 1 sengkang} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1^2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah sengkang dalam 1 m} = 6,791 / 1,57 = 4,33 \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi dipakai sengkang 2 penampang ϕ 10 - 20

Sambungan Counterfort ke Plat Dasar

Ambil jarak plat dasar = 1 meter

$$W2 = \text{berat tanah yang menekan plat dasar selebar 1 m} \\ = (h \cdot \tau_{sat} \cdot 1) - (\text{up-lift}) \\ = (8,40 \cdot 1,892 \cdot 1) - (8,4 \cdot 1) = 7,483 \text{ ton}$$

Gaya yang dipikul sengkang

$$= W \cdot L = 7,483 \cdot 4,0 = 29,972 \text{ ton}$$

$$As \text{ total} = 19800 / \sigma_{au}^* = 29972 / 2780 = 10,781 \text{ cm}^2$$

Dipakai sengkang 2 penampang ϕ 10 mm

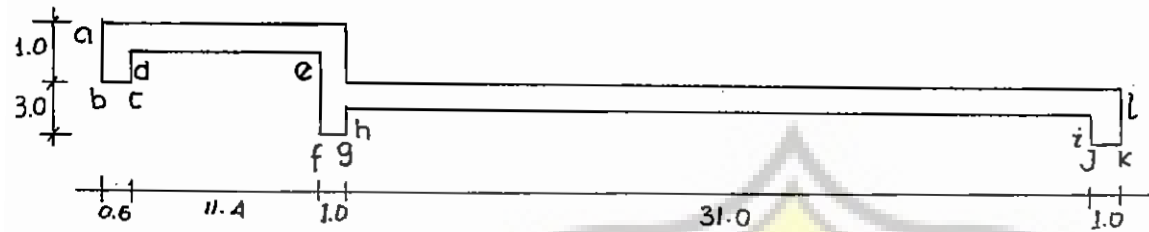
$$\text{Luas 1 sengkang} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,2^2 = 2,26 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jumlah sengkang dalam 1 m} = 10,781 / 2,26 = 4,77 \approx 5 \text{ buah}$$

Jadi dipakai sengkang 2 penampang ϕ 12 - 20

5.18. PERHITUNGAN REMBESAN dan UP LIFT

5.18.1. Rembesan



Gambar 5.50 : Garis rembesan pada bangunan

Perhitungan rembesan didasarkan pada teori Lane

$$C_r = \frac{\Sigma L}{H}$$

dimana :

C_r = Creep ratio, dalam hal ini untuk pasir kasar
= 5,0

ΣL = Panjang Creep line
= $\Sigma L_v + 1/3 \Sigma L_h$

H = Beda tinggi muka air pada bagian hulu dan hilir bangunan pintu air
= $60,20 - 56,60 = 3,6 \text{ m}$

Tabel 5.14 : Harga-harga minimum angka rembesan (C_r)

Pasir sanat halus	8,5
Pasir halus	7,0
Pasir sedang	6,0
Pasir kasar	5,0
Kerikil halus	4,0
Kerikil sedang	3,5
Kerikil kasar termasuk berangkal	3,0
Bongkah dengan sedikit berangkal & kerikil	2,5
Lempung lunak	3,0
Lempung sedang	2,0
Lempung keras	1,8
Lempung sangat keras	1,6

Sumber : Standart Perencanaan Irigasi, KP 02, hal :126

Tabel 5.15 : Perencanaan panjang Creep line:

Panjang vertikal (Lv):		Panjang horisontal (Lh):	
Bidang	panjang (m)	Bidang	Panjang (m)
ab	1,0	bc	0,6
cd	0,7	de	11,4
ef	2,7	fg	1,0
gh	0,7	hi	31,0
ij	2,7	jk	1,0
kl	3,0		
ΣLv: 10,8		ΣLh: 45,0	

$$\begin{aligned}\Sigma L &= \Sigma Lv + 1/3 \Sigma Lh \\ &= 10,8 + 15 = 25,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Cr &= \Sigma L/H \\ &= 25,8/3,6 \\ &= 7,2 > 5 \quad (\text{aman})\end{aligned}$$

5.18.2. Perhitungan Up lift

$$\text{Rumus } U_x = \left(h_x - \frac{L_x}{\Sigma L} \cdot H \right) \cdot \tau_w$$

Dimana :

U_x = gaya up lift pada titik x

h_x = tinggi titik x terhadap muka air hulu

L_x = panjang garis rembesan sampai titik x

ΣL = total panjang garis rembesan

H = beda tinggi muka air hulu & hilir bangunan
 $= 60,2 - 56,6 = 3,6 \text{ m}$

τ_w = berat volume air = 1 t/m^3

Tabel 5.16 : Perhitungan gaya up lift tiap titik

ttk	hx	Lx	Lx.H	Ux
a	5,4	= 0,000	0,0	5,400
b	6,4	0 + 1 = 1,000	3,6	6,360
c	6,4	1 + (1/3.0,6) = 1,200	4,32	6,233
d	5,7	1,2 + 0,7 = 1,900	6,84	5,435
e	5,7	1,9 + (1/3.11,4) = 5,700	20,52	4,905
f	8,4	5,7 + 2,7 = 8,400	30,24	7,228
g	8,4	8,4 + (1/3.1) = 8,733	31,44	7,181
h	7,7	8,733 + 0,7 = 9,433	33,96	6,384
i	7,7	9,433 + (1/3.31) = 19,766	71,16	4,942
j	10,4	19,766 + 2,7 = 22,466	80,88	7,265
k	10,4	22,466 + (1/3.1) = 22,800	82,08	7,219
l	7,4	22,8 + 3 = 25,800	92,88	3,800
		ΣL = 25,800		

Gaya up lift pada bidang horisontal

Rumus :

$$U_{ab} = \left[\frac{U_a + U_b}{2} \right] * L_{ab}$$

dimana :

U_{ab} = up lift bidang antara titik a dan b

U_a = up lift titik a

U_b = up lift titik b

L_{ab} = jarak antara titik a dan b

Tabel 5.17 : Perhitungan up lift bidang horisontal

bidang	U_a	U_b	L_{ab}	U_{ab}
b-c	6,360	6,233	0,60	5,686
d-e	5,435	4,905	11,40	54,321
f-g	7,228	7,181	1,00	7,205
h-i	6,384	4,942	31,00	175,553
j-k	7,265	7,219	1,00	7,242

5.19. PERHITUNGAN LANTAI KAMAR

Data Teknis Pembebanan Tetap

* Mutu beton K₂₂₅

1. $\sigma_b' = 75 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_b = 7 \text{ kg/cm}^2$

2. Geser lentur atau puntir

$\Gamma_b = 6,5 \text{ kg/cm}^2$

$\Gamma_{bm} = 16 \text{ kg/cm}^2$

3. Geser oleh lentur dengan puntir

$\Gamma_b = 8 \text{ kg/cm}^2$

$\Gamma_{bm} = 20 \text{ kg/cm}^2$

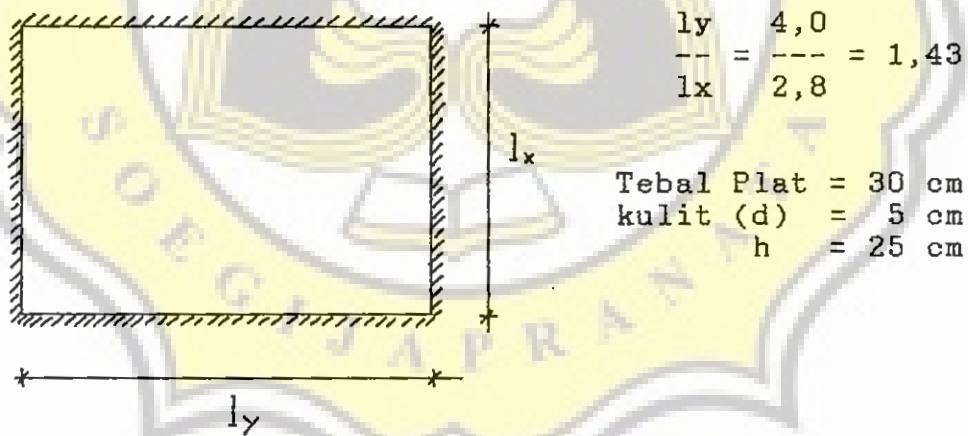
* Mutu baja U₃₂

1. $\sigma_{au}^* = 2780 \text{ kg/cm}^2$

2. $\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$

3. $\phi_o = \frac{\sigma_a}{n \cdot \sigma_b} = \frac{1850}{21.75} = 1,175$

5.19.1. Perhitungan Plat Lantai Kanar



Gambar 5.51 : Plat terjepit dikeempat sisinya

Panjang plat lantai = 32,0 meter

dibagi menjadi 8 bagian = 4,0 meter

Lebar plat lantai = lebar gerbang - 2 x panjang TOE

$= 7 - (2 \cdot 0,7) = 5,6 \text{ meter}$

A. Penulangan Plat Lantai

Perhitungan berdasarkan pada saat gerbang kosong

- Beban (tekanan air ke atas)

$$\tau_w \cdot H = 1 \cdot 8,40 = 8,40 \text{ t/m}^2$$

- Beban plat : 0,3.2,4.1 = 0,72 t/m²

$$\text{(Gaya Up-lift) } q = 7,68 \text{ t/m}^2$$

$$l_y/l_x = 1,43$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 7,68 \cdot 2,8^2 \cdot 54 = 3,2514 \text{ tm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 7,68 \cdot 2,8^2 \cdot 37,7 = 2,2699 \text{ tm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 7,68 \cdot 2,8^2 \cdot 54 = -3,2514 \text{ tm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 7,68 \cdot 2,8^2 \cdot 36,7 = -2,2699 \text{ tm}$$

* Penulangan Plat Lantai Arah X :

$$M_{\max} = 2,6750 \text{ t.m} = 325140 \text{ kg.cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{25}{21 \cdot 325140} = 4,115 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 2,704 \\ \delta = 1 \end{array} \right\} 100n_w = 6,509$$

$$\sqrt{\frac{b \cdot \sigma_a}{100 \cdot 1850}}$$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{6,509}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 25 = 7,75 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 0,25\% \cdot b \cdot h_t$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 30 = 7,50 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan pokok : D14 - 20 (A = 7,69 cm²)

* Penulangan Plat Lantai Arah Y

$$M_{\max} = 1,7197 \text{ t.m} = 226990 \text{ kg.cm}$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{25}{\sqrt{\frac{21 \cdot 226990}{100 \cdot 1850}}} = 4,925 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 3,255 \\ \delta = 1 \end{array} \right\} 100n_w = 4,383$$

Tulangan Simetris :

$$A = A' = w \cdot b \cdot h$$

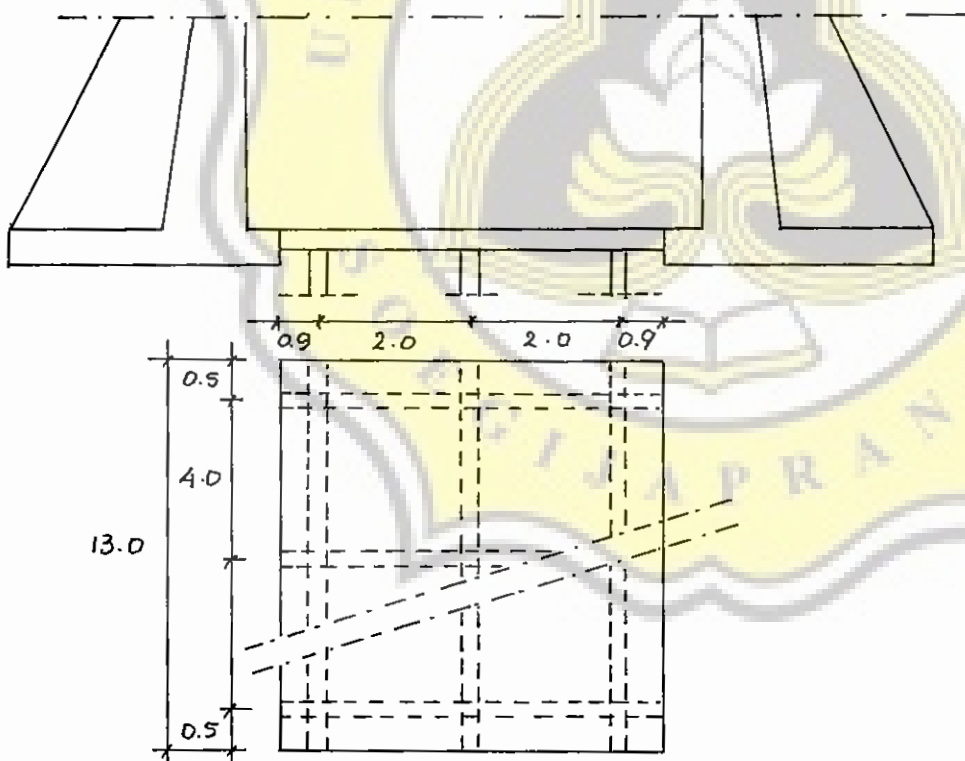
$$= \frac{4,383}{21 \cdot 100} \cdot 100 \cdot 25 = 5,217 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 0,25\% \cdot b \cdot h_t$$

$$= 0,25\% \cdot 100 \cdot 30 = 7,50 \text{ cm}^2$$

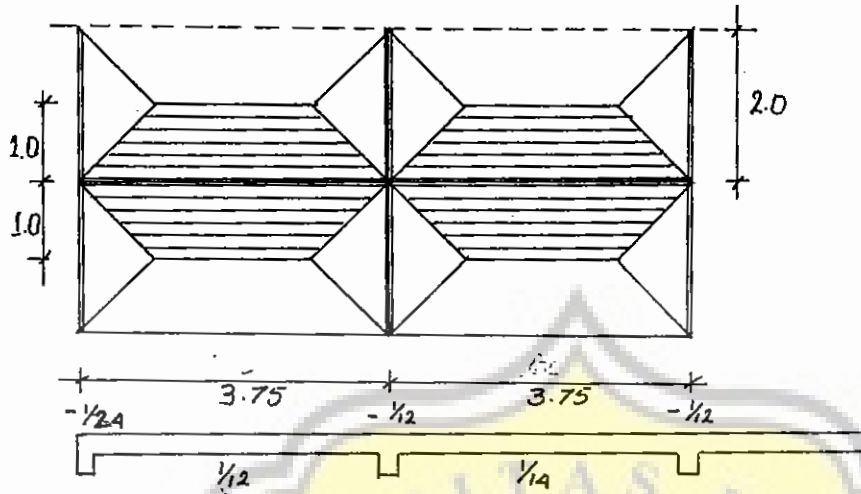
Digunakan tulangan pokok : D14 - 20 ($A = 7,69 \text{ cm}^2$)

B. Perhitungan Balok Lantai



Gambar 5.52 : Sket denah letak pondasi tiang pancang dan balok lantai

* Perhitungan balok lantai memanjang



Gambar 5.53 : q ekuivalen pada balok memanjang lantai kamar

Gaya up-lift yang diterima = $q = 7,68 \text{ t/m}^2$

$$q_{ekv} = 2 (\alpha \cdot 1/2lx \cdot q)$$

$$\begin{aligned} \alpha &= [1 - 1/3(lx/ly)^2] \\ &= [1 - 1/3 (2/3,75)^2] \\ &= 0,905 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{ekv} &= 2 (\alpha \cdot 1/2lx \cdot q) \\ &= 2 (0,905 \cdot 1 \cdot 7,68) \\ &= 13,901 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lap bentang tepi}} &= 1/12 \cdot q_{ekv} \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 13,901 \cdot 3,75^2 = 16,290 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lap bentang tengah}} &= 1/14 \cdot q_{ekv} \cdot l^2 \\ &= 1/14 \cdot 13,901 \cdot 3,75^2 = 13,963 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tum bentang tepi}} &= -1/24 \cdot q_{ekv} \cdot l^2 \\ &= -1/24 \cdot 13,901 \cdot 3,75^2 = -8,145 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tum bentang tengah}} &= -1/12 \cdot q_{ekv} \cdot l^2 \\ &= -1/12 \cdot 13,901 \cdot 3,75^2 = -16,290 \text{ tm} \end{aligned}$$

Balok lantai ujung/tepi

M max = 13,875 tm = 1629000 kg.cm (momen lapangan)

Dimensi balok = 40 x 70

$$Ca = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{65}{21.1629000} = 3,023 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 1,667 \\ \delta = 0,2 \end{array} \right\} 100nw = 12,34$$

$$f \frac{b \cdot \sigma_a}{40 \cdot 1850}$$

A = w . b . h

$$= \frac{12,340}{21 \cdot 100} \cdot 40 \cdot 65 = 15,27 \text{ cm}^2$$

tulangan tarik minimum = (12/2780). 40.70 = 12,1 cm²

Digunakan tulangan tarik : 5 D 22 (A = 19,00 cm²)

A' = 0,2 . 15,27 = 3,054 cm²

Digunakan tulangan tekan : 3 D 12 (A = 3,39 cm²)

Check Geser

D = 5/8 . q . l = 5/8 . 10,406 . 4 = 26,015 ton

$$\Gamma = \frac{8 \text{ D}}{7 \text{ b.h}} = \frac{8 \cdot 26015}{7 \cdot 40 \cdot 65} = 11,435 \text{ kg/cm}^2 > 6,5 \text{ kg/cm}^2 < 16 \text{ kg/cm}^2$$

karena $\Gamma_{bm} > \Gamma > \Gamma_b$

Diperlukan tulangan geser

$\Gamma_s = 11,435 - 6,5 = 4,935 \text{ kg/cm}^2$

Dicoba sengkang ϕ 10 -----> $A_s = 1,57 \text{ cm}^2$

$$a_s = \frac{A_s \cdot \sigma_{au}}{b \cdot \Gamma_s} = \frac{1,57 \cdot 2780}{40 \cdot 4,935} = 22,11 \text{ cm}$$

Digunakan sengkang ϕ 10 - 20 cm

Balok lantai tengah

M max = 13,875 tm = 1629000 kg.cm (momen tumpuan)

Dimensi balok = 40 x 70

$$Ca = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{65}{21.1629000} = 3,023 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 1,667 \\ \delta = 0,2 \end{array} \right\} 100nw = 12,34$$

$$f \frac{b \cdot \sigma_a}{40 \cdot 1850}$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{12,340}{21 \cdot 100} \cdot 40 \cdot 65 = 15,27 \text{ cm}^2$$

$$\text{tulangan tarik minimum} = (12/2780) \cdot 40 \cdot 70 = 12,1 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan tarik : 5 D 22 (A = 19,00 cm²)

$$A' = 0,2 \cdot 15,27 = 3,054 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan tekan : 3 D 12 (A = 3,39 cm²)

Check Geser

$$D = 5/8 \cdot q \cdot l = 5/8 \cdot 10,406 \cdot 4 = 26,015 \text{ ton}$$

$$\Gamma = \frac{8 D}{7 b \cdot h} = \frac{8 \cdot 26015}{7 \cdot 40 \cdot 65} = 11,435 \text{ kg/cm}^2 > 6,5 \text{ kg/cm}^2 < 16 \text{ kg/cm}^2$$

karena $\Gamma_{bm} > \Gamma > \Gamma_b$

Diperlukan tulangan geser

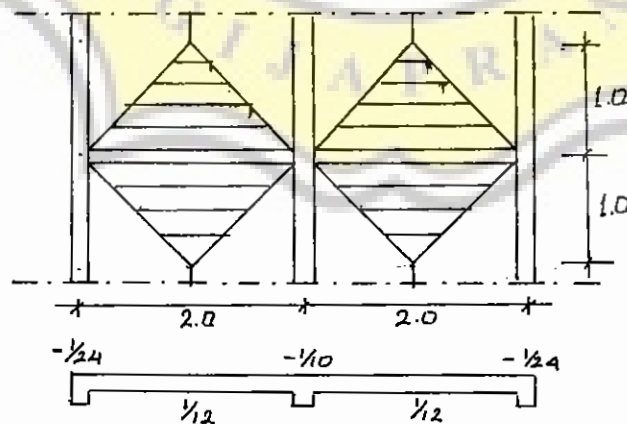
$$\Gamma_s = 11,435 - 6,5 = 4,935 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba sengkang ϕ 10 $\rightarrow A_s = 1,57 \text{ cm}^2$

$$a_s = \frac{A_s \cdot \sigma_{au}}{b \cdot \Gamma_s} = \frac{1,57 \cdot 2780}{40 \cdot 4,935} = 22,11 \text{ cm}$$

Digunakan sengkang ϕ 10 - 20 cm

* Perhitungan balok lantai melintang



Gambar 5.54 : q ekuivalen pada balok melintang lantai kamar

Gaya up-lift yang diterima = $q = 7,68 \text{ t/m}^2$

$$\begin{aligned} q_{\text{ekv}} &= 2 \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} l x \cdot q \right) \\ &= 2 \left(\frac{2}{3} \cdot 1 \cdot 7,68 \right) \\ &= 10,240 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lap bentang}} &= \frac{1}{12} \cdot q_{\text{ekv}} \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 10,24 \cdot 2^2 = 3,413 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tum bentang tepi}} &= -\frac{1}{24} \cdot q_{\text{ekv}} \cdot l^2 \\ &= -\frac{1}{24} \cdot 10,24 \cdot 2^2 = -1,706 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tum bentang tengah}} &= -\frac{1}{10} \cdot q_{\text{ekv}} \cdot l^2 \\ &= -\frac{1}{10} \cdot 10,24 \cdot 2^2 = -4,096 \text{ tm} \end{aligned}$$

Momen maksimum ditinjau pada momen tumpuan terbesar

$$M_{\text{max}} = -4,096 \text{ tm} = -409600 \text{ kg.cm}$$

Dimensi balok = 40×40

$$C_a = \frac{h}{n \cdot M} = \frac{35}{21 \cdot 409600} = 3,246 \quad \phi = 1,817$$

$$f \frac{b \cdot \sigma_a}{100nw} = f \frac{40 \cdot 1850}{100 \cdot 100} \quad \delta = 0,2$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{w \cdot b \cdot h}{21 \cdot 100} = \frac{10,61 \cdot 40 \cdot 35}{21 \cdot 100} = 7,07 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{tulangan tarik minimum} = \left(\frac{12}{2780} \right) \cdot 40 \cdot 40 = 6,91 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan tarik : 3 D 19 ($A = 8,52 \text{ cm}^2$)

$$A' = 0,2 \cdot 7,07 = 1,41 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan tekan : 2 D 10 ($A = 1,57 \text{ cm}^2$)

Check Geser

$$D = \frac{5}{8} \cdot q \cdot l = \frac{5}{8} \cdot 10,406 \cdot 2 = 13,008 \text{ ton}$$

$$\Gamma = \frac{8 \cdot D}{7 \cdot b \cdot h} = \frac{8 \cdot 13008}{7 \cdot 40 \cdot 35} = 9,291 \text{ kg/cm}^2 > 6,5 \text{ kg/cm}^2 < 16 \text{ kg/cm}^2$$

karena $\Gamma_{bm} > \Gamma > \Gamma_b$

Diperlukan tulangan geser

$$\Gamma_s = 9,291 - 6,5 = 2,791 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba sengkang ϕ 10 -----> $A_s = 1,57 \text{ cm}^2$

$$a_s = \frac{A_s \cdot \sigma_{au}}{b \cdot \Gamma_s} = \frac{1,57 \cdot 2780}{40 \cdot 2,791} = 39,09 \text{ cm}$$

Digunakan sengkang ϕ 10 - 20 cm

5.19.2. Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

A. Tiang Pancang Gerbang A

Tebal lantai = 40 cm

Tinggi muka air max pada gerbang: $60,20 - 54,80 = 5,40 \text{ m}$

Lebar lantai gerbang = 7 m

Panjang gerbang = 13,0 m

$$P_1 = \text{Berat air} = 7,00 \cdot 13,0 \cdot 5,4 \cdot 1 = 491,40 \text{ ton}$$

V = Volume konst :

$$\text{Plat lantai } 13,0 \cdot 5 \cdot 0,4 = 26,00 \text{ m}^3$$

$$13,0 \cdot 2 \cdot 0,6 = 15,60 \text{ m}^3$$

$$41,60 \text{ m}^3$$

G = berat konstruksi lantai

$$= 41,60 \cdot 2,4 = 99,84 \text{ ton}$$

Gaya uplift pada saat keadaan kosong

$$= 491,40 - 99,84 = 391,56 \text{ ton}$$

Jumlah tiang pancang = 15 buah

Tiap tiang pancang menahan gaya sebesar :

$$P = \frac{391,56}{15} = 26,104 \text{ ton}$$

Dipakai tiang pancang ukuran 40 x 40 cm :

Dengan cara coba - coba

dari data sondir kedalaman 25 m dengan :

$$A = \text{luas tiang} = 40 \cdot 40 = 1600 \text{ cm}^2$$

$$Kell = \text{keliling tiang} = 4 \cdot 40 = 160 \text{ cm}$$

Akibat tahanan ujung (end-bearing)

$$\text{Harga conus pada kedalaman 25,0 m} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung tiang :

$$\frac{\text{Atiang} \times p}{3} = \frac{1600 \times 10}{3} = 5,33 \text{ ton.}$$

Akibat cleef (friction pile)

q_c rata-rata = panjang tiang dibagi menjadi 4 bagian

$$1. \quad 0 - 5,0 \text{ m} \quad \text{--- } q_c = \frac{140 - 0}{500} = 0,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. \quad 5,0 - 10,0 \text{ m} \quad \text{--- } q_c = \frac{210 - 140}{500} = 0,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$3. \quad 10,0 - 15,0 \text{ m} \quad \text{--- } q_c = \frac{340 - 210}{500} = 0,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$4. \quad 15,0 - 20,0 \text{ m} \quad \text{--- } q_c = \frac{520 - 340}{500} = 0,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$5. \quad 20,0 - 25,0 \text{ m} \quad \text{--- } q_c = \frac{780 - 520}{500} = 0,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Daya dukung tiang} = \frac{0 \times l \times q_c}{5}$$

$$= \frac{160}{5} (0,28 + 0,14 + 0,26 + 0,36 + 0,52) 500$$

$$= 24,960 \text{ ton.}$$

Jadi daya dukung keseimbangan total :

$$Q \text{ tiang} = \frac{A \text{ tiang} \cdot p}{3} + \frac{0 \cdot l \cdot q_c}{5}$$

$$= 5,33 + 24,96 = 30,290 \text{ ton}$$

26,104 ton < 30,29 ton memenuhi
Dipakai tiang pancang dengan panjang 25 m

*** Daya dukung kelompok tiang (pile group)**

Perhitungan berdasarkan "Daya dukung tanah Direktorat Jendral Bina Marga Dept P.U.T.L"

Karena letak lapisan tanah keras terlalu dalam, daya dukung kelompok tiang pancang dihitung berdasarkan cleef dan konus.

Daya dukung kelompok tiang yang diijinkan :

$$Q_{pg} = 1/3 \cdot \{c \cdot N_c \cdot A + 2(b + Y) \cdot l \cdot c\}$$

dimana:

Q_{pg} = daya dukung yang diijinkan pada kelompok tiang.

3 = faktor keamanan.

c = kekuatan geser tanah.

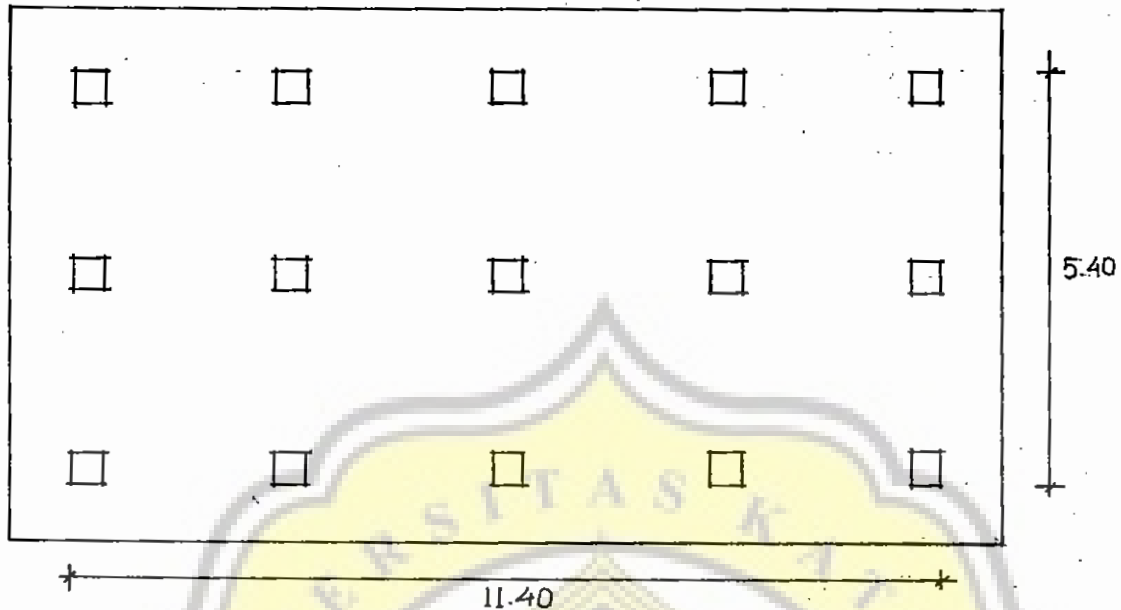
N_c = faktor daya dukung yang dapat diperoleh dari grafik "Skempton".

A = luas kelompok tiang pancang. $B \times Y$

B = lebar kelompok tiang pancang.

Y = panjang kelompok tiang pancang.

$l \cdot c$ = harga total cleef pada kedalaman tiang



Gambar 5.55 : Denah letak tiang pancang gerbang A

$$A = B \times Y = 540 \times 1140 = 615600 \text{ cm}^2$$

Untuk pondasi persegi menurut "Skempton":

$$N_c = (1 + 0,2 (B/Y))N_{cs}$$

$$N_{cs} = N_c \text{ untuk pondasi lingkaran dari grafik Skempton} \\ = 9$$

$$N_c = (1 + 0,2 (540/1140)) \cdot 9 = 9,85$$

$$l.c = \text{total cleef pada kedalaman 25 m} \\ = 780 \text{ kg/cm}$$

Maka:

$$Q_{pg} = 1/3 (0,1 \cdot 9,85 \cdot 615600 + 2 \cdot (540+1140) \cdot 780) \\ = 1.075.722 \text{ kg}$$

Daya dukung tiang tunggal yang diijinkan :

$$Q = 1/15 \cdot Q_{pg} = 71.714,8 \text{ kg} \\ = 71,714 \text{ ton}$$

Konstruksi aman terhadap beban Up lift yang harus ditahan oleh pondasi yaitu sebesar 26,104 ton.

B. Tiang Pancang Kamar B

* Daya dukung tiang tunggal terhadap kekuatan tanah

Tebal lantai = 30 cm

Tinggi muka air max pada gerbang: $60,20 - 52,80 = 7,40$ m

Lebar lantai gerbang = $7 - (2 \cdot 0,7) = 5,6$ m

Panjang gerbang = 32,0 m

$$P_1 = \text{Berat air} = 7,40 \cdot 32,0 \cdot 5,6 \cdot 1 = 1326,08 \text{ ton}$$

V = Volume konst :

$$\text{Plat lantai} \quad 32,0 \cdot 5,6 \cdot 0,3 = 53,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Balok memanjang} \quad 0,4 \cdot 0,7 \cdot 32,0 \cdot 3 = 26,88 \text{ m}^3$$

$$\text{Balok melintang} \quad 0,4 \cdot 0,4 \cdot 5,6 \cdot 9 = 8,064 \text{ m}^3$$

$$\Sigma \text{ vol} = 88,704 \text{ m}^3$$

$$G = \text{berat konstruksi lantai} \\ = 88,704 \cdot 2,4 = 212,89 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya uplift pada saat keadaan kosong} \\ = 1326,08 - 212,89 = 1113,19 \text{ ton}$$

Jumlah tiang pancang = 27 buah

Tiap tiang pancang menahan gaya sebesar :

$$P = \frac{1113,190}{27} = 41,229 \text{ ton}$$

Dipakai tiang pancang ukuran 40 x 40 cm :

Dengan cara coba - coba

dari data sondir kedalaman 27 m dengan :

$$A = \text{luas tiang} = 40 \cdot 40 = 1600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kell} = \text{keliling tiang} = 4 \cdot 40 = 160 \text{ cm}$$

Akibat tahanan ujung (and-bearing)

$$\text{Harga conus pada kedalaman 27,0 m} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung tiang :

$$\text{Atiang} \times p \quad 1600 \times 25$$

$$\text{-----} = \text{-----} = 13,33 \text{ ton}$$

3

3

Akibat cleef (friction pile)

qc rata-rata = panjang tiang dibagi menjadi 6 bagian

$$1. 0 - 5,0 \text{ m} \quad \text{---} \quad qc = \frac{140 - 0}{500} = 0,28 \text{ kg/cm}^2$$

$$2. 5,0 - 10,0 \text{ m} \quad \text{---} \quad qc = \frac{210 - 140}{500} = 0,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$3. 10,0 - 15,0 \text{ m} \quad \text{---} \quad qc = \frac{340 - 210}{500} = 0,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$4. 15,0 - 20,0 \text{ m} \quad \text{---} \quad qc = \frac{520 - 340}{500} = 0,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$5. 20,0 - 25,0 \text{ m} \quad \text{---} \quad qc = \frac{780 - 520}{500} = 0,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$6. 25,0 - 27,0 \text{ m} \quad \text{---} \quad qc = \frac{940 - 780}{200} = 0,80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung tiang} &= \frac{o \times l \times qc}{5} \\ &= \frac{160}{5} (0,28+0,14+0,26+0,36+0,52) 500 + (0,8 \cdot 200) \\ &= 30,08 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Jadi daya dukung keseimbangan total :

$$\begin{aligned} Q \text{ tiang} &= \frac{A \text{ tiang} \cdot p}{3} + \frac{O \cdot l \cdot qc}{5} \\ &= 13,33 + 30,08 = 43,410 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$41,229 \text{ ton} < 43,41 \text{ ton} \quad \text{memenuhi}$$

*** Daya dukung kelompok tiang (pile group)**

Perhitungan berdasarkan "Daya dukung tanah Direktorat Jendral Bina Marga Dept P.U.T.L"

Karena letak lapisan tanah keras terlalu dalam, daya dukung kelompok tiang pancang dihitung berdasarkan cleef dan konus.

Daya dukung kelompok tiang yang diijinkan :

$$Q_{pg} = 1/3 \cdot \{c \cdot N_c \cdot A + 2(b + Y) \cdot 1 \cdot c\}$$

dimana:

Q_{pg} = daya dukung yang diijinkan pada kelompok tiang.

3 = faktor keamanan.

c = kekuatan geser tanah.

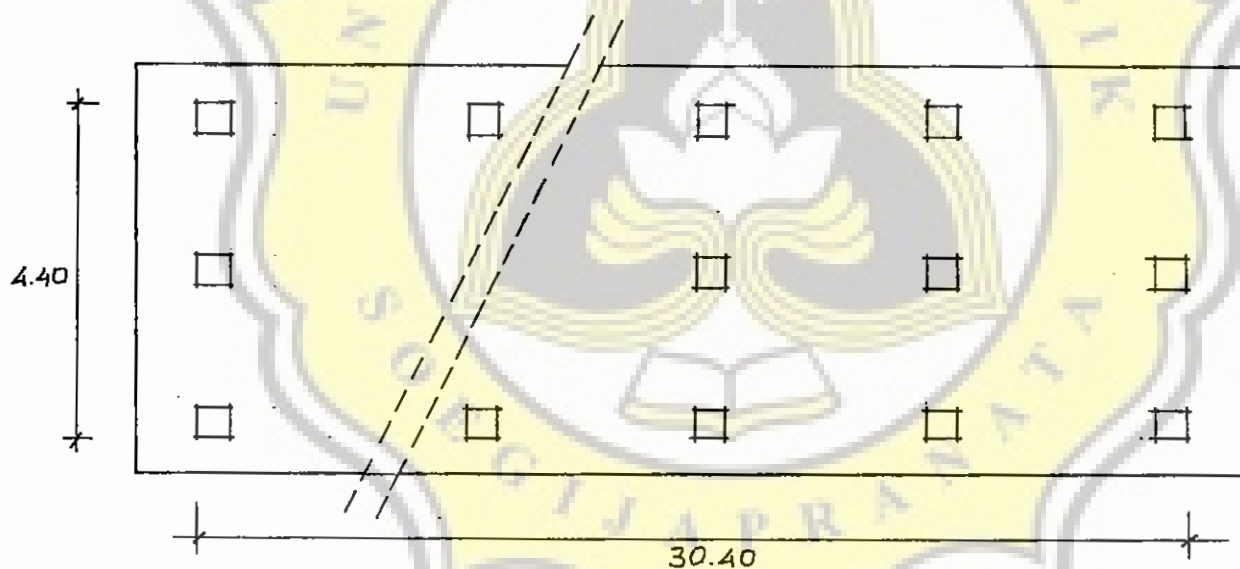
N_c = faktor daya dukung yang dapat diperoleh dari grafik "Skempton".

A = luas kelompok tiang pancang. B x Y

B = lebar kelompok tiang pancang.

Y = panjang kelompok tiang pancang.

1.c = harga total cleef pada kedalaman tiang



Gambar 5.56 : Denah letak tiang pancang kamar

$$A = B \times Y = 440 \times 3040 = 1337600 \text{ cm}^2$$

Untuk pondasi persegi menurut "Skempton":

$$N_c = (1 + 0,2 (B/Y))N_{cs}$$

$$N_{cs} = N_c \text{ untuk pondasi lingkaran dari grafik Skempton} \\ = 9$$

$$N_c = (1 + 0,2 (440/3040)).9 = 9,26$$

$$l.c = \text{total cleef pada kedalaman } 27 \text{ m}$$

$$= 940 \text{ kg/cm}$$

Maka:

$$Q_{pg} = 1/3 (0,1.9,26.1337600 + 2.(440+3040).940$$

$$= 2.593.672,5 \text{ kg}$$

Daya dukung tiang tiang tunggal yang diijinkan :

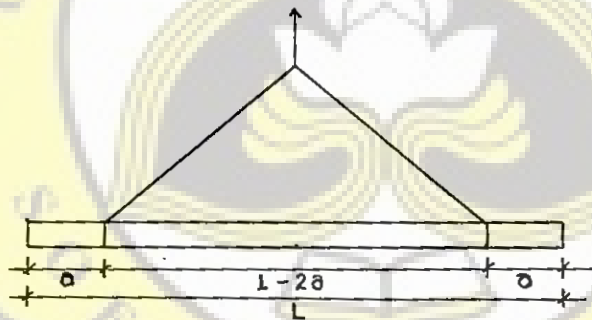
$$Q = 1/27 . Q_{pg} = 96.061,9 \text{ kg}$$

$$= 96,062 \text{ ton}$$

Konstruksi aman terhadap beban Up lift yang harus di-tahan oleh pondasi yaitu sebesar 41,229 ton.

C. Penulangan Tiang Pancang

- a. Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.



Gambar 5.57 : Posisi pengangkatan tiang pertama

$$\text{panjang tiang } (L) = 10 \text{ m}$$

$$\text{panjang } (a) = 2 \text{ m}$$

$$L - 2a = 10 - 2.2 = 6 \text{ m}$$

Berat tiang pancang (g)

$$g = 0,4 . 0,4 . 2400 = 384 \text{ kg/m'}$$

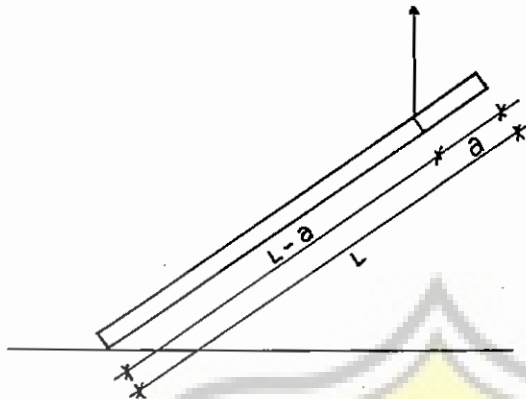
$$M_1 = - \frac{1}{2}.g.L^2 = -\frac{1}{2}.384.(2)^2 = -768 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = \frac{1}{8}.g.(L-2a)^2 - \frac{1}{2}.g.a^2$$

$$= \frac{1}{8}.384.(6)^2 - \frac{1}{2}.384.(2)^2$$

$$= 960 \text{ kg.m}$$

b. Posisi pengangkatan kedua



Gambar 5.58 : Posisi pengangkatan tiang ke dua

$$R_1 = \frac{g \cdot L^2 - 2 \cdot g \cdot a \cdot L}{2 \cdot (L - a)}$$

$$= \frac{384 \cdot 10^2 - (2 \cdot 384 \cdot 3 \cdot 10)}{2 \cdot (10 - 3)}$$

$$= 1097 \text{ kg}$$

$$g = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 2400 = 384 \text{ kg/m}$$

$$a = 0,3 \cdot L = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ m}$$

$$M_x = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot g \cdot x^2$$

$$\text{Syarat ekstrim} = \frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$R_1 - g \cdot x = 0$$

$$x = \frac{R_1}{g} = \frac{1097}{384} = 2,86 \text{ m}$$

$$M_{\text{max}} = M_2 = R_1 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot g \cdot x^2 = 1097 \cdot 2,86 - \frac{1}{2} \cdot 384 \cdot (2,86)^2 = 1567 \text{ kg.m}$$

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot g \cdot a^2 = \frac{1}{2} \cdot 384 \cdot (3)^2 = 1728 \text{ kg.m}$$

Jadi keadaan yang paling menentukan adalah keadaan (b) dengan momen terbesar pada $M_1 = 1728 \text{ kg.m}$
 $M = - 172800 \text{ kg.cm}$ (tulangan tekan)
 $h = h_t - d$ ($d = 3 \text{ cm}$)
 $= 40 - 3 = 37 \text{ cm}$

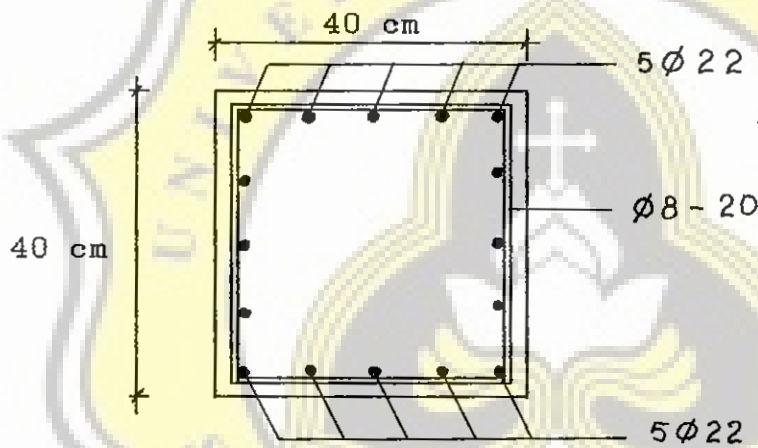
$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot M}{b \cdot \sigma_a}}} = \frac{37}{\sqrt{\frac{21.172800}{40 \cdot 1850}}} = 5,284 \quad \left. \begin{array}{l} \phi = 3,255 \\ 100nw = 3,742 \end{array} \right\} \delta = 0,2$$

$$A = w \cdot b \cdot h$$

$$= \frac{3,742}{21 \cdot 100} \cdot 40 \cdot 37 = 2,64 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 0,25\% \cdot 40 \cdot 40 = 4,0 \text{ cm}^2$$

Digunakan tulangan tarik : 16 ϕ 22 ($A = 60,80 \text{ cm}^2$)



Gambar 5.59 : Penulangan tiang pancang

Perhitungan tulangan geser :

$$\Gamma = \frac{8}{7} \cdot \frac{D_{\max}}{b \cdot h}$$

$$\Gamma = \frac{8}{7} \cdot \frac{1097}{40 \cdot 37}$$

$$\Gamma = 0,847 \text{ kg/cm}^2 < \Gamma_{bp} = 6,5 \text{ kg/cm}^2 \\ < \Gamma_{bpm} = 16 \text{ kg/cm}^2$$

Dipakai sengkang praktis ϕ 8 - 20 ($A = 2,51 \text{ cm}^2$)